

5) вывести (анализ экспериментальных данных) вида «кривых», «причинно-следственных и т. д.).

Отчет выполняется шариковой ручкой. Схемы вычерчиваются карандашом. Графики строятся на листах миллиметровой бумаги карандашом и вклеиваются в отчет. Отчет может быть напечатан на принтере.

Опытные точки могут иметь разброс. Экспериментальные кривые проводят плавно, максимально приближая к экспериментальным точкам. На графиках приводят название, обозначают, к какому опыту они относятся, и указывают постоянные величины, определяющие условия опыта. На осях координат надо обязательно указать, какая величина по ним отложена, в каких единицах она измеряется, и нанести деления. Цена деления должна быть удобной для работы.

Пример обработки осциллограммы приведен на рис. 4.

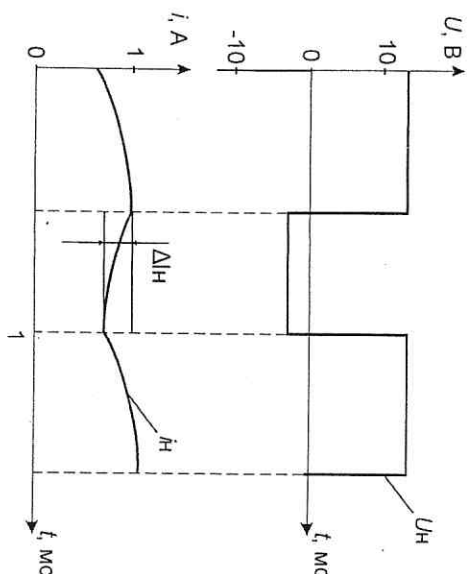


Рис. 4. Пример обработки осциллограмм.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Работа № 1. Исследование понижающего широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения

Цель работы

Изучение электромагнитных процессов, внешних, регулировочных и энергетических характеристик понижающего широтно-импульсного преобразователя (ШИП) при активно-индуктивной нагрузке, шунтированной диодом.

Описание лабораторной установки

В данной лабораторной работе используются: «Модуль питания стенда» (однофазный), модули «Преобразователи постоянного напряжения», «Измеритель мощности», «Нагрузка» (однофазная) и двухканальный осциллограф.

Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения» приведена на рис. 1. В качестве последовательного (понижающего напряжения) ключа представлена схема преобразователя UZ1, а в качестве параллельного (повышающего) ключа – UZ2.

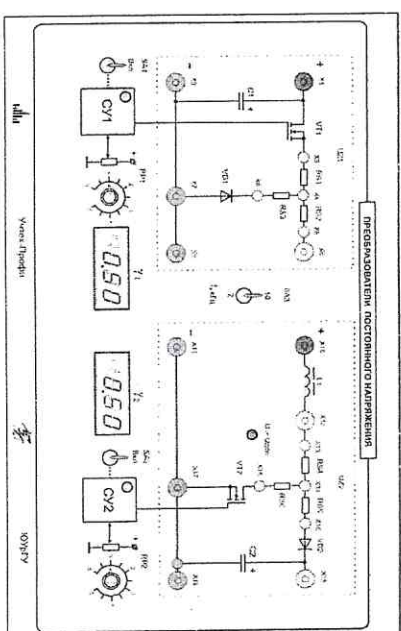


Рис. 1. Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения».

Включение последовательного ключа осуществляется тумблером SA1, при этом загорается светодиод блока CV1. Коэффициент заполнения (скважность) ключа регулируется потенциометром RP1 и отображается на радом расположенном 4-разрядном индикаторе. Аналогично SA2 и RP2 управляют работой параллельного ключа. При превышении на ключе допустимого напряжения загорается светодиод «U>Uдоп». Частота работы ключей определяется положением тумблера SA3. Все шунты RS1 – RS6 сопротивлением 1 Ом и предназначены для снятия осциллограмм токов.

1. Собрать схему в соответствии с рис. 1.1.
2. Снять осциллограммы токов и напряжений на элементах схемы для заданных параметров.
3. Снять регулировочную $U_H = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_H = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$, $q_1 = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении сопротивления нагрузки R_H и заданных U_d и $f_{нec}$.
4. Снять внешнюю $U_H = F(I_H)$ и энергетические $P_d = F(I_H)$, $P_H = F(I_H)$, $\eta = F(I_H)$, $q_1 = F(I_H)$ характеристики при постоянном коэффициенте заполнения γ для заданных U_d и $f_{нec}$.
5. Исследовать влияние несущей частоты $f_{нec}$ на коэффициент пульсаций q_1 тока нагрузки I_H .

Исходные данные

Базовая точка (режим), для которой снимаются осциллограммы и через которую проходит снимаемые характеристики:

- режим – непрерывный;
несущая частота $f_{нec} = 2 \text{ кГц}$;
коэффициент заполнения $\gamma = 0,7$;
напряжение источника питания $U_d = 25 \text{ В}$;
ток нагрузки $I_H = 0,7 \text{ А}$.
Базовая точка может быть изменена по указанию преподавателя.

Методические указания

1. Собрать схему для исследования преобразователя постоянного напряжения в соответствии с рис. 1.1. Дополнительные внешние соединения показаны штриховыми линиями.

Тумблером SA3 установить заданную несущую частоту $f_{нec}$. Ручки потенциометров RP1, RP2 установить в положение «0».

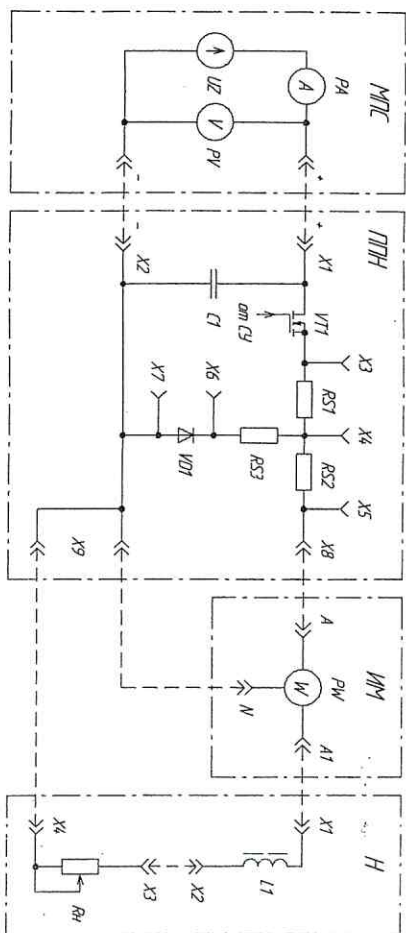


Рис. 1.1. Принципиальная схема для исследования понижающего преобразователя постоянного напряжения.

Ручку регулятора тока нагрузки RP в модуле «Нагрузка» (Н) установить в положение «0», соответствующее минимальному току нагрузки (максимальному активному сопротивлению нагрузки R_H).

Включить тумблер QF1 «Модуль питания стенда» (МПС).

Включить тумблер «Сеть» модуля «Измеритель мощности». Для перевода модуля «Измеритель мощности» в режим измерения постоянных токов и напряжений одновременно нажать кнопки «I/O/S» и «V/COEFF». Кнопки удерживать в нажатом состоянии до появления на табло надписи «Постоянный ток». Установить пределы измерений: тумблером «U» 30 В, тумблером «I» 2 А.

Тумблером SA1 включить систему управления модуля «Преобразователь постоянного напряжения». Включить тумблер SA1 источника питания в модуль МПС. С помощью потенциометра RP1 установить заданное напряжение источника питания.

2. Снять осциллограммы токов и напряжений на элементах схемы для заданных параметров.

а) снять осциллограммы напряжения на транзисторном ключе VT1 и тока через транзистор I_{VT} . Для этого проверить заданное значение напряжения питания U_d и установить заданное значение коэффициента заполнения γ ручкой потенциометра RP1 (базовый режим). Ручкой регулятора тока RP по измерителю ИМ установить заданное значение тока нагрузки I_H . Канал CH1 осциллографа подключить к шпунту RS1 («вход» – гнездо X3, корпус осциллографа «L» – гнездо X4), а вход канала CH2 – к гнезду X3, корпус осциллографа «L» – гнездо X4), а вход канала CH2 – к гнезду X1 (напряжение на транзисторном ключе).

Внимание: *здесь и далее перед снятием осциллограмм проверить положение нулевой линии, перевода переключателя режимах входов усилителей «AC-GND-DC» в положение «GND». Эту линию первой нести на осциллограмму.*

Зарисовать с экрана осциллографа осциллограммы. Определить масштабы по напряжению, току и времени.

б) снять осциллограммы напряжения на диоде VD1 и тока через диод I_D при тех же заданных значениях U_d , γ и I_H . Для этого канал CH1 осциллографа подключить к шпунту RS3 («вход» – гнездо X6, корпус осциллографа «L» – гнездо X4), а вход канала CH2 – к гнезду X7. Зарисовать с экрана осциллографа осциллограммы, сохранив масштабы.

в) снять осциллограммы напряжения на нагрузке I_H и тока нагрузки I_H при тех же заданных значениях U_d , γ и I_H . Для этого канал CH1 осциллографа подключить к шпунту RS2 («вход» – гнездо X4, корпус осциллографа «L» – гнездо X5), а вход канала CH2 – к гнезду X7 (напряжение на нагрузке). Для получения положительного отклонения напряжения I_H нажать кнопку CH2 INV на осциллографе. Зарисовать с экрана осциллографа осциллограммы, сохранив масштабы. По осциллограмме I_H определить в каком режиме работает схема (непрерывный или прерывистый ток в нагрузке).

3. Снять регулировочную $U_H = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_H = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$, $q_1 = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении

сопротивления нагрузки R_H и заданных U_d и $f_{нec}$. Установить базовый режим. Определить сопротивление R_H по формуле

$$R_H = U_H / I_H \quad (1)$$

При снятии характеристики не трогать ручку регулятора R_P в модуле «Нагрузка». Изменяя γ ручкой потенциометра R_{P1} в диапазоне от нуля до максимально возможного значения, фиксировать показания приборов U_d, I_d, U_H, I_H, P_H , а также с помощью осциллографа измерять размах пульсаций тока нагрузки ΔI_H . Для этого переключить канал $CH1$ осциллографа на открытый вход «AC» (переменная составляющая входного сигнала). Замерить двойную амплитуду пульсаций тока нагрузки ΔI_H . Измерение ΔI_H производить только в области непрерывного тока. Показания занести в таблицу 1.1. Отметить точку перехода от непрерывного режима к прерывистому (границный ток).

Таблица 1.1

γ					Примечание
$U_d, В$					$R_H = \frac{U_H}{I_H}$ $f_{нec} = \text{кГц}$
$I_d, А$					
$U_H, В$					
$I_H, А$					
$\Delta I_H, А$					
$q, \text{мкВ}$					
$P_d, Вт$					
$P_H, Вт$					
η					

Энергетические показатели рассчитывать по следующим формулам:
мощность на входе

$$P_d = U_d \cdot I_d \quad (2)$$

КПД

$$\eta = P_H / P_d \quad (3)$$

$$\text{коэффициент пульсаций тока нагрузки } q, \approx \Delta I_H / 2 I_H \quad (4)$$

Повторить измерения при другой, например, вдвое большей величине активного сопротивления нагрузки R_H .

Характеристики для разных значений R_H строить в одних осях. Графики для мощностей P_d и P_H строить в одних осях;

4. Снять внешнюю $U_H = F(I_H)$ и энергетические $P_d = F(I_H)$, $P_H = F(I_H)$, $\eta = F(I_H)$, $q = F(I_H)$ характеристики при постоянном коэффициенте заполнения γ для заданных U_d и $f_{нec}$. Для этого потенциометром R_{P1} установить заданный коэффициент заполнения γ . Изменяя сопротивление нагрузки реостатом R_P , фиксировать показания $U_d, I_d, U_H, I_H, P_H, \Delta I_H$. Показания занести в таблицу 1.2.

Повторить измерения при другом значении γ , например, $\gamma = 0,5$.

Характеристики для разных значений γ строить в одних осях. Графики для мощностей P_d и P_H строить в одних осях.

Таблица 1.2

$R_H, Ом$										Примечание
$U_d, В$										$\gamma =$ $f_{нec} = \text{кГц}$
$I_d, А$										
$U_H, В$										
$I_H, А$										
$\Delta I_H, А$										
$q, \text{мкВ}$										
$P_d, Вт$										
$P_H, Вт$										
η										

5. Исследовать влияние несущей частоты $f_{нec}$ на коэффициент пульсаций q тока нагрузки I_H для базового режима.

Установить базовый режим. и определить коэффициент пульсаций q тока нагрузки I_H . Переключить тумблер S_{A3} в другое положение и снова определить коэффициент пульсаций q при другой несущей частоте $f_{нec}$.

Выключить тумблер S_{A1} питания системы управления модуля «Преобразователь постоянного напряжения». Выключить тумблер «Сеть» в модуле «Измеритель мощности». Выключить тумблер S_{A1} источника питания в модуле МПС. Выключить автомат $QF1$ «Модуль питания стенда».

Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие пункты:

- наименование и цель работы;
 - исходные данные, принципиальную схему силовых цепей;
 - обработанные осциллограммы;
 - результаты экспериментальных исследований и проведенных по ним расчетов, помещенные в соответствующие таблицы;
 - построенные характеристики (регулировочные, внешние и энергетические);
 - выводы по работе:
- объяснить влияние коэффициента заполнения γ на величину напряжения на нагрузке понижающего преобразователя постоянного напряжения;
 - объяснить влияние коэффициента заполнения γ на КПД понижающего преобразователя постоянного напряжения;
 - пояснить влияние несущей частоты $f_{нec}$ на коэффициент пульсаций тока нагрузки q .

Контрольные вопросы

- Сравните ключевой и линейный режимы работы транзистора.
- Преимущества ключевого режима.
- Из каких составляющих складываются потери мощности в ключевом режиме?
- Что такое регулировочная характеристика понижающего преобразователя постоянного напряжения? Какой вид она имеет?

5. Что такое внешняя характеристика понижающего преобразователя постоянного напряжения? Какой вид она имеет?
6. Как определить коэффициент пульсаций тока нагрузки?
7. На что влияет изменение несущей частоты?
8. Как определить КПД преобразователя постоянного напряжения?
9. Как снять осциллограммы токов и напряжений в схеме?
10. Как подключать входы двухканального осциллографа при осциллографировании токов и напряжений?

Работа № 2 Исследование повышающего широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения

Цель работы

Изучение электромагнитных процессов, внешних, регулировочных и энергетических характеристик повышающего широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения.

Описание лабораторной установки

В данной лабораторной работе используются: «Модуль питания стенда» (однофазный), модули «Преобразователи постоянного напряжения», «Измеритель мощности», «Нагрузка» (однофазная) и двухканальный осциллограф.

Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения» приведена на рис. 1. В качестве последовательного (понижающего напряжения) ключа представлена схема преобразователя UZ1, а в качестве параллельного (повышающего) ключа – UZ2.

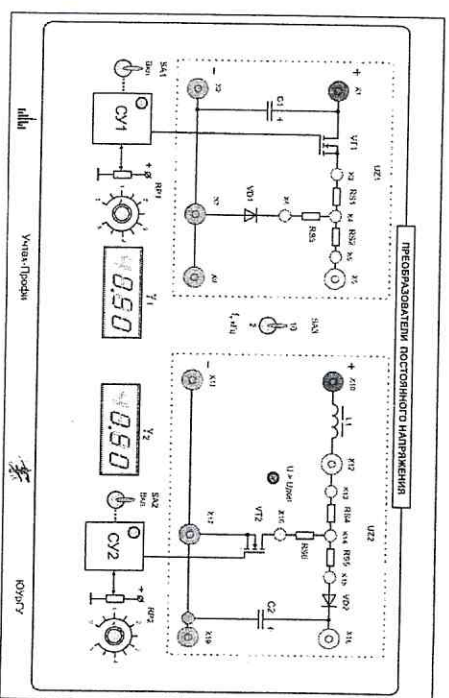


Рис. 1. Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения».

Включение последовательного ключа осуществляется тумблером SA1, при этом загорается светодиод блока CV1. Коэффициент заполнения (скважность) ключа регулируется потенциометром RP1 и отображается на рядом расположенном 4-разрядном индикаторе. Аналогично SA2 и RP2 управляют работой параллельного ключа. При превышении на ключе допустимого напряжения загорается светодиод «U>Uдоп». Частота работы ключей определяется положением тумблера SA3. Все шунты RS1 – RS6 сопротивлением 1 Ом и предназначены для снятия осциллограмм токов.

Задание

1. Собрать схему в соответствии с рис. 2.1.
2. Снять осциллограммы токов и напряжений на элементах схемы для заданных параметров.
3. Снять регулировочную $U_H = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_H = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$, $q_H = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении сопротивления нагрузки R_H и заданных U_d и несущей частоте $f_{\text{нес}}$.
4. Снять внешнюю $U_H = F(I_H)$ и энергетические $P_d = F(I_H)$, $P_H = F(I_H)$, $\eta = F(I_H)$, $q_H = F(I_H)$ характеристики при постоянном коэффициенте заполнения γ для заданных U_d и $f_{\text{нес}}$.
5. Исследовать влияние несущей частоты $f_{\text{нес}}$ на коэффициент пульсаций q_H напряжения на нагрузке i_H .

Исходные данные

Базовая точка (режим), для которой снимаются осциллограммы и через которую проходят снимаемые характеристики:

- несущая частота $f_{\text{нес}} = 2 \text{ кГц}$;
 - коэффициент заполнения $\gamma = 0,6$;
 - напряжение источника питания $U_d = 15 \text{ В}$;
 - ток нагрузки $I_H = 80 \text{ мА}$.
- Базовая точка может быть изменена по указанию преподавателя.

Методические указания

1. Собрать схему для исследования преобразователя постоянного напряжения в соответствии с рис. 2.1. Дополнительные внешние соединения показаны штриховыми линиями.

Тумблером S43 установить заданную несущую частоту $f_{\text{нес}}$. Ручки потенциометров RP1, RP2 установить в положение «0». Ручку регулятора тока нагрузки RP в модуле «Нагрузка» (Н) установить в положение «0», соответствующее минимальному току нагрузки (максимальному сопротивлению нагрузки R_H).

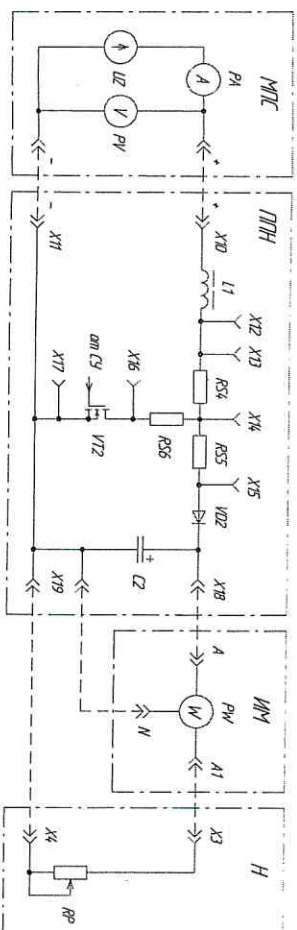


Рис. 2.1. Принципиальная схема для исследования повышающего преобразователя постоянного напряжения.

Включить автомат. DP1 «Модуль питания стенда» (МПС).

Включить тумблер «Сеть» модуля «Измеритель мощности». Для перевода модуля «Измеритель мощности» в режим измерения постоянных токов и напряжений одновременно нажать кнопки «P/O/S» и «f/coef/f». Кнопки удерживать в нажатом состоянии до появления на табло надписи «Постоянный ток». Установить пределы измерений: тумблером «U» 300 В, тумблером «I» 0,2 А.

Тумблером S41 включить питание системы управления модуля «Преобразователь постоянного напряжения». Включить тумблер S42 источника питания в модуле МПС, и с помощью потенциометра RP1 установить заданное напряжение источника питания.

2. Снять осциллограммы токов и напряжений на элементах схемы для заданных параметров.

а) снять осциллограммы напряжения на транзисторном ключе $и_{т7}$ и тока через транзистор $и_{т7}$. Для этого проверить заданное значение напряжения питания U_d и установить заданное значение коэффициента заполнения γ ручкой потенциометра RP2 (базовый режим). Ручкой регулятора тока RP по ИМ установить заданное значение тока нагрузки I_H . Канал CH1 осциллографа подключить к шунту RS6 («вход» — гнездо X14, корпус осциллографа «L» — гнездо X16), а вход канала CH2 — к гнезду X17 (напряжение на транзисторном ключе). Для получения положительного отклонения напряжения $и_{т7}$ нажать кнопку CH2 INV на осциллографе.

Внимание: *здесь и далее перед снятием осциллограмм проверить положение нулевой линии, перевода переключателя режимах выходов усилителей «AC-GND-DS» в положение «GND». Эту линию первой нанести на осциллограмму.*

Зарисовать с экрана осциллографа осциллограммы. Определить масштабы по напряжению, току и времени.

- б) снять осциллограмму тока потребленного от источника питания i_d при тех же заданных значениях U_d , γ и I_H . Для этого канал CH1 осциллографа подключить к шунту RS4 («вход» — гнездо X13, корпус осциллографа «L» — гнездо X14). Зарисовать осциллограмму, масштаб сохранить;

в) снять осциллограммы напряжения на диоде $и_d$ и тока через диод i_d при тех же заданных значениях U_d , γ и I_H . Для этого канал CH1 осциллографа подключить к шунту RS5 («вход» — гнездо X14, корпус осциллографа «L» — гнездо X15), а вход канала CH2 — к гнезду X18. Для получения положительного отклонения напряжения $и_d$ нажать кнопку CH2 INV на осциллографе. Зарисовать с экрана осциллографа осциллограммы, масштаб сохранить;

г) снять осциллограмму напряжения на нагрузке $и_H$ при тех же заданных значениях U_d , γ и I_H . Для этого корпус осциллографа «L» подключить к гнезду X19, а вход канала CH2 — к гнезду X18. Зарисовать с экрана осциллографа осциллограммы, масштаб сохранить.

3. Снять регулировочную $U_H = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_H = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$, $q_H = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении сопротивления нагрузки R_H и заданных U_d и $f_{\text{нес}}$. Установить базовый режим. Определить R_H по формуле

$$R_H = U_H / I_H. \quad (1)$$

Изменяя γ ручкой потенциометра R_{P2} в диапазоне от 0,1 до 0,8 наблюдать за током I_d и напряжением U_n . Они не должны превышать соответственно 1 А и 100 В. фиксировать показания приборов U_d , I_d , U_n , I_n , R_n , а также с помощью осциллографа замерять размах пульсаций напряжения на нагрузке ΔU_n . Для этого переключить канал $CH1$ осциллографа на открытый вход «АС» (переменная составляющая входного сигнала). Замерить двойную амплитуду пульсаций напряжения на нагрузке ΔU_n . Показания занести в таблицу 2.1. Отметить точку перехода от непрерывного режима к прерывистому (граничный ток).

Таблица 2.1

γ						Примечание
U_d , В						$R_n = \text{Ом}$ $f_{\text{нес}} = \text{кГц}$
I_d , А						
U_n , В						
I_n , А						
ΔU_n , В						
q_n						
P_d , Вт						
P_n , Вт						
η						

Энергетические показатели рассчитать по следующим формулам:
мощность на входе $P_d = U_d \cdot I_d$,

КПД $\eta = P_n / P_d$,

коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке $q_n \approx \Delta U_n / 2U_n$. (4)

Повторить измерения при другой, например, вдвое большей величине активного сопротивления нагрузки R_n .

Характеристики для разных значений R_n строить в одних осях. Графики для мощностей P_d и P_n строить в одних осях;

4. Снять внешнюю $U_n = F(I_n)$ и энергетические $P_d = F(I_n)$, $P_n = F(I_n)$, $\eta = F(I_n)$, $q_n = F(I_n)$ характеристики при постоянном коэффициенте заполнения γ для заданных U_d и $f_{\text{нес}}$. Для этого потенциометром R_{P1} установить заданный коэффициент заполнения γ . Изменяя сопротивление нагрузки реостатом R_P , фиксировать показания U_d , I_d , U_n , I_n , P_n , ΔU_n . Показания занести в таблицу 2.2.

Повторить измерения при другом значении γ , например, $\gamma = 0,5$.

Характеристики для разных значений γ строить в одних осях. Графики для мощностей P_d и P_n строить в одних осях.

5. Исследовать влияние несущей частоты $f_{\text{нес}}$ на коэффициент пульсаций q_n напряжения на нагрузке для базового режима.

Установить базовый режим и определить коэффициент пульсаций q_n напряжения на нагрузке. Переключить тумблер $SA3$ в другое положение и снова определить коэффициент пульсаций q_n при другой несущей частоте $f_{\text{нес}}$.

Выключить тумблер $SA2$ питания модуля «Преобразователь постоянного напряжения», а затем автомат $QF1$ «Модуль питания стенда».

Таблица 2.2

R_n , Ом						Примечание
U_d , В						$\gamma =$ $f_{\text{нес}} = \text{кГц}$
I_d , А						
U_n , В						
I_n , А						
ΔU_n , В						
q_n						
P_d , Вт						
P_n , Вт						
η						

Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие пункты:

- наименование и цель работы;
- исходные данные, принципиальную силовую схему установки;
- обработанные осциллограммы;
- результаты экспериментальных исследований и проведенных по ним расчетов, помещенные в соответствующие таблицы;

е) построенные характеристики (регулировочные, внешние и энергетические);
з) выводы по работе:

- объяснить влияние коэффициента заполнения γ на величину напряжения на нагрузке повышающего преобразователя постоянного напряжения;
- объяснить влияние коэффициента заполнения γ на КПД повышающего преобразователя постоянного напряжения;
- пояснить влияние несущей частоты $f_{\text{нес}}$ на коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке q_n .

Контрольные вопросы

- Из каких составляющих складываются потери мощности в ключевом режиме?
- Что такое регулировочная характеристика повышающего преобразователя постоянного напряжения? Какой вид она имеет?
- Что такое внешняя характеристика повышающего преобразователя постоянного напряжения? Какой вид она имеет?
- Как определить коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке?
- На что влияет изменение несущей частоты?
- Как определить КПД преобразователя постоянного напряжения?
- Как снять осциллограммы токов и напряжений в схеме?
- Как подключать входы двухканального осциллографа при осциллографировании токов и напряжений?

Работа №3 Исследование понижающе-повышающего, то широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения

Цель работы

Изучение электромагнитных процессов, внешних, регулируемых и энергетических характеристик понижающе-повышающего широтно-импульсного преобразователя при активной нагрузке.

Описание лабораторной установки

В данной лабораторной работе используются: «Модуль питания стенда» (однофазный), модуль «Преобразователи постоянного напряжения», «Измеритель мощности», «Нагрузка» (однофазная) и двухканальный осциллограф.

Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения» приведена на рис. 1. В качестве последовательного (понижающего) напряжения ключа представлена схема преобразователя UZ1, а в качестве параллельного (повышающего) ключа – UZ2.

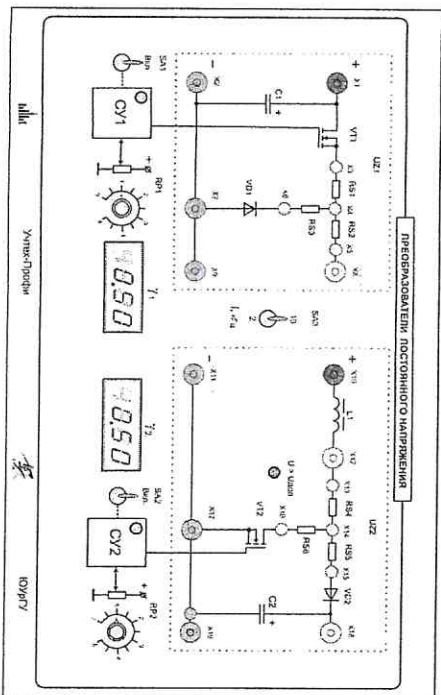


Рис. 1. Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения».

Включение последовательного ключа осуществляется тумблером SA1, при этом загорается светодиод блока CV1. Коэффициент заполнения (скважность) ключа регулируется потенциометром RP1 и отображается на рядом расположенном 4-разрядном индикаторе. Аналогично SA2 и RP2 управляют работой параллельного ключа. При превышении на ключе допустимого напряжения загорается светодиод «U>Uдоп». Частота работы ключей определяется положением тумблера SA3. Все шунты RS1 – RS6 сопротивлением 1 Ом и предназначены для снятия осциллограмм токов.

Задание

1. Собрать схему в соответствии с рис. 3.1.
2. Снять осциллограмму напряжения на нагрузке для базового режима..
3. Снять регулировочную $U_n = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_n = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении сопротивления нагрузки R_n , заданных U_d , несущей частоте $f_{нec}$ и выполнении условий $\gamma_1 = \gamma_2$.
4. Снять внешнюю $U_n = F(I_n)$ и энергетические $P_d = F(I_n)$, $P_n = F(I_n)$, $\eta = F(I_n)$ характеристики при постоянных коэффициентах заполнения понижающего и повышающего звена $\gamma_1 = \gamma_2$ для заданных U_d , γ_1 , γ_2 и $f_{нec}$.
5. Выбрать энергетически оптимальный алгоритм управления для стабилизатора напряжения.

Исходные данные

Базовая точка (режим), через которую проходят снимаемые характеристики: несущая частота $f_{нec} = 2$ кГц;

коэффициенты заполнения понижающего и повышающего звена $\gamma_1 = \gamma_2 = 0,6$; напряжение источника питания $U_d = 20$ В;

ток нагрузки $I_n = 0,2$ А.

Базовая точка может быть изменена по указанию преподавателя.

Напряжение питания U_d на входе стабилизатора постоянного напряжения изменяется от 15 до 25 В (принимая значения 15, 20, 25 В). Обеспечить напряжение на нагрузке $U_n = 20$ В, изменяя γ_1 , γ_2 . Найти законы изменения γ_1 , γ_2 , обеспечивающие наибольший КПД.

Методические указания

1. Собрать схему для исследования преобразователя постоянного напряжения в соответствии с рис. 3.1. Дополнительные внешние соединения показаны штриховыми линиями.

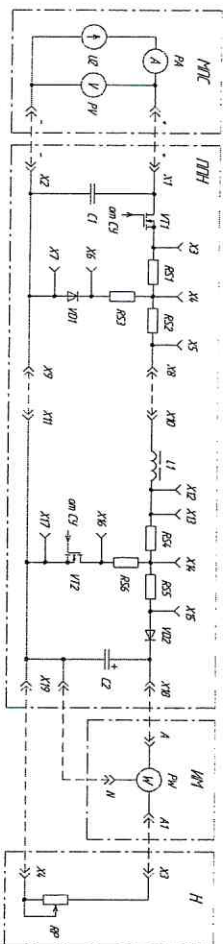


Рис. 3.1. Принципиальная схема для исследования понижающе-повышающего преобразователя постоянного напряжения.

Тумблером SA3 установить заданную несущую частоту $f_{нec}$. Ручки потенциометров RP1, RP2 установить в положение «0». Ручку регулятора тока нагрузки RP в модуле «Нагрузка» (Н) установить в положение «0», соответствующее минимальному току нагрузки (максимальному сопротивлению нагрузки R_n).

Включить автомат QF1 «Модуль питания стенда» (МПС).

Включить тумблер «Сеть» модуля «Измеритель мощности» для перевода модуля «Измеритель мощности» в режим измерения постоянных токов и напряжений одновременно нажатия кнопки « $P_{\text{н}}/I_{\text{н}}$ » и « $f/\cos\phi/\eta$ ». Кнопки удерживать в нажатом состоянии до появления на табло надписи «Постоянный ток». Установить пределы измерений: тумблером « $U_{\text{н}}$ » 30 В, тумблером « $I_{\text{н}}$ » 2 А.

Тумблерами SA1, SA2 включить питание систем управления модуля «Преобразователь постоянного напряжения». Включить тумблер SA1 источника питания в модуле МПС. С помощью потенциометра RP1 установить заданное напряжение источника питания.

2. Снять осциллограмму напряжения на нагрузке $I_{\text{н}}$ для базового режима.

а) проверить заданное значение напряжения питания $U_{\text{н}}$ тумблером SA3 установить заданную несущую частоту $f_{\text{нес}}$ и установить заданные значения коэффициентов заполнения понижающего и повышающего звена $\gamma_1 = \gamma_2$ ручками потенциометров RP1 и RP2. Ручкой регулятора тока RP по измерителю ИМ установить заданное значение тока нагрузки $I_{\text{н}}$. Измерить напряжение на нагрузке $U_{\text{н}}$. Определить $R_{\text{н}}$ по формуле

$$R_{\text{н}} = U_{\text{н}} / I_{\text{н}}; \quad (1)$$

б) снять осциллограмму напряжения на нагрузке $I_{\text{н}}$ для базового режима. Для этого корпус осциллографа «Л» подключить к гнезду Х19, а вход канала СН2 – к гнезду Х18. Зарисовать с экрана осциллографа осциллограмму. Определить масштабы по напряжению, току и времени.

3. Снять регулировочную $U_{\text{н}} = F(\gamma)$ и энергетические $P_{\text{д}} = F(\gamma)$, $P_{\text{н}} = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}$ и заданных $U_{\text{н}}$ и $f_{\text{нес}}$. Сопротивление $R_{\text{н}}$ определено в п. 2, а. Изменяя γ_1, γ_2 ручками потенциометров RP1, RP2 в диапазоне от нуля до максимального возможного значения и обеспечивая выполнение равенства $\gamma_1 = \gamma_2$, фиксировать показания $U_{\text{н}}, I_{\text{н}}, U_{\text{д}}, I_{\text{д}}, P_{\text{д}}, P_{\text{н}}, R_{\text{н}}$. Показания занести в таблицу 3.1.

С помощью осциллографа замерять размах пульсаций напряжения на нагрузке (двойную амплитуду) $\Delta U_{\text{н}}$. Для этого переключить канал СН1 осциллографа на открытый вход «АС» (переменная составляющая входного сигнала). Показания занести в таблицу 3.1.

Энергетические показатели рассчитать по следующим формулам:

$$\text{мощность на входе} \quad P_{\text{д}} = U_{\text{д}} \cdot I_{\text{д}}, \quad (2)$$

$$\text{КПД} \quad \eta = P_{\text{н}} / P_{\text{д}}, \quad (3)$$

$$\text{коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке} \quad q_{\text{н}} \approx \Delta U_{\text{н}} / 2U_{\text{н}}. \quad (4)$$

Повторить измерения при другой, например, вдвое большей величине активного сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}$.

Характеристики для разных значений $R_{\text{н}}$ строить в одних осях. Графики для мощностей $P_{\text{д}}$ и $P_{\text{н}}$ строить в одних осях.

Таблица 3.1

γ						Примечание
$U_{\text{н}}, \text{В}$						$R_{\text{н}} = \text{Ом}$
$I_{\text{н}}, \text{А}$						$f_{\text{нес}} = \text{кГц}$
$U_{\text{д}}, \text{В}$						

$I_{\text{н}}, \text{А}$						
$P_{\text{д}}, \text{Вт}$						
$P_{\text{н}}, \text{Вт}$						
$\Delta U_{\text{н}}, \text{В}$						
$q_{\text{н}}$						
η						

4. Снять внешнюю $U_{\text{н}} = F(I_{\text{н}})$ и энергетические $P_{\text{д}} = F(I_{\text{н}})$, $P_{\text{н}} = F(I_{\text{н}})$, $\eta = F(I_{\text{н}})$ характеристики при заданных коэффициентах заполнения в обоих звеньях $\gamma_1 = \gamma_2$ для заданных $U_{\text{н}}$ и $f_{\text{нес}}$. Для этого потенциометрами RP1, RP2 установить заданные коэффициенты заполнения γ . Изменяя сопротивление нагрузки реостатом $R_{\text{н}}$, фиксировать показания $U_{\text{н}}, I_{\text{н}}, U_{\text{д}}, I_{\text{д}}, P_{\text{д}}, P_{\text{н}}$. Показания занести в таблицу 3.2.

С помощью осциллографа замерять размах пульсаций напряжения на нагрузке (двойную амплитуду) $\Delta U_{\text{н}}$. Для этого переключить канал СН1 осциллографа на открытый вход «АС» (переменная составляющая входного сигнала). Показания занести в таблицу 3.2.

Повторить измерения при другом, например, вдвое меньшем значении γ . Характеристики для разных значений γ строить в одних осях. Графики для мощностей $P_{\text{д}}$ и $P_{\text{н}}$ строить в одних осях.

Таблица 3.2

$R_{\text{н}}, \text{Ом}$						Примечание
$U_{\text{н}}, \text{В}$						$\gamma =$
$I_{\text{н}}, \text{А}$						$f_{\text{нес}} = \text{кГц}$
$U_{\text{д}}, \text{В}$						
$I_{\text{д}}, \text{А}$						
$P_{\text{д}}, \text{Вт}$						
$P_{\text{н}}, \text{Вт}$						
$\Delta U_{\text{н}}, \text{В}$						
$q_{\text{н}}$						
η						

5. Выбрать энергетически оптимальный алгоритм управления для стабилизатора напряжения. При заданных в таблице 3.3 значениях напряжения питания найти требуемые коэффициенты заполнения в обоих звеньях при выполнении условия $\gamma_1 = \gamma_2$. Найти КПД для каждого значения напряжения $U_{\text{н}}$.

Устранив требование $\gamma_1 = \gamma_2$, найти лучшее сочетание коэффициентов заполнения звеньев.

Выключить тумблеры SA1, SA2 питания модуля «Преобразователь постоянного напряжения», а затем автомат ОТ1 «Модуль питания стенда».

Таблица 3.3

Условия	$\gamma_1 = \gamma_2$	$\gamma_1 \neq \gamma_2$		Примечание
γ_1				$R_{\text{н}} = \text{Ом}$
γ_2				$f_{\text{нес}} = \text{кГц}$
$U_{\text{н}}, \text{В}$	25	20	15	
$I_{\text{н}}, \text{А}$				

$U_n, В$	20	20	20	20	20	
$I_n, А$						
$P_n, Вт$						
$P_n, Вт$						
η						

Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие пункты:

- наименование и цель работы;
- исходные данные, принципиальную силовую схему установки;
- обработанные осциллограммы;
- результаты экспериментальных исследований и проведенных по ним расчетов, помещенные в соответствующие таблицы;
- построенные характеристики (регуляровочные, внешние и энергетические);
- выводы по работе;
- объяснить влияние коэффициента заполнения γ на величину напряжения на нагрузке понижаше-повышающего преобразователя постоянного напряжения;
- объяснить влияние коэффициента заполнения γ на КЦД понижаше-повышающего преобразователя постоянного напряжения;
- пояснить влияние несущей частоты $f_{нec}$ на коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке q_u ;
- сформулировать, по какому закону следует регулировать коэффициенты заполнения звеньев, чтобы повысить КЦД.

Контрольные вопросы

- В чем состоит преимущества и недостатки понижаше-повышающего преобразователя постоянного напряжения по сравнению с повышающим и понижашим?
- Что такое регуляровочная характеристика понижаше-повышающего преобразователя постоянного напряжения? Какой вид она имеет?
- Что такое внешняя характеристика понижаше-повышающего преобразователя постоянного напряжения? Какой вид она имеет?
- Как определить коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке?
- На что влияет изменение несущей частоты?
- Как определить КЦД двухзвенного преобразователя постоянного напряжения?
- Для чего нужно применять понижаше-повышающий преобразователь постоянного напряжения?
- По какому закону следует регулировать коэффициенты заполнения звеньев, чтобы повысить КЦД стабилизатора напряжения?

Работа № 4 Исследование повышающе-понижающего широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения

Цель работы

Изучение электромагнитных процессов, внешних, регуляровочных и энергетических характеристик повышающе-понижающего широтно-импульсного преобразователя при активно-индуктивной нагрузке.

Описание лабораторной установки

В данной лабораторной работе используются: «Модуль питания стенда» (однофазный), модули «Преобразователи постоянного напряжения», «Измеритель мощности», «Нагрузка» (однофазная) и двухканальный осциллограф.

Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения» приведена на рис. 1. В качестве последовательного (понижающего напряжения) ключа представлена схема преобразователя UZ1, а в качестве параллельного (повышающего) ключа – UZ2.

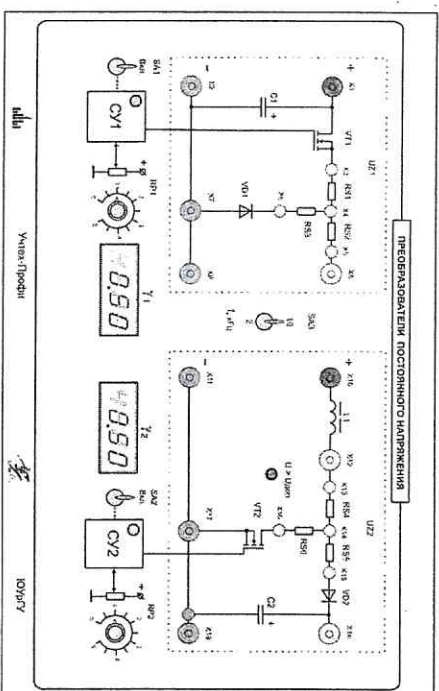


Рис. 1. Лицевая панель модуля «Преобразователи постоянного напряжения».

Включение последовательного ключа осуществляется тумблером SA1, при этом загорается светодиод блока СУ1. Коэффициент заполнения (скважность) ключа регулируется потенциометром RP1 и отображается на рядом расположенном 4-разрядном индикаторе. Аналогично SA2 и RP2 управляют работой параллельного ключа. При превышении на ключе допустимого напряжения загорается светодиод «U>U_{доп}». Частота работы ключей определяется положением тумблера SA3. Все шунты RS1 – RS6 сопротивлением 1 Ом и предназначены для снятия осциллограмм токов.

Задание

1. Собрать схему в соответствии с рис. 4.1.
2. Снять осциллограмму напряжения на нагрузке для базового режима.
3. Снять регулировочную $U_H = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_H = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении сопротивления нагрузки R_H , заданных U_d , несущей частоте $f_{\text{нес}}$ и выполнении условий $\gamma_1 = \gamma_2$.
4. Снять внешнюю $U_H = F(I_H)$ и энергетические $P_d = F(I_H)$, $P_H = F(I_H)$, $\eta = F(I_H)$ характеристики при постоянных коэффициентах заполнения понижающего и повышающего звена $\gamma_1 = \gamma_2$ для заданных U_d , γ_1 , γ_2 и $f_{\text{нес}}$.
5. Выбрать энергетически оптимальный алгоритм управления для стабилизатора напряжения.

Исходные данные

Базовая точка (режим), через которую проходят снимаемые характеристики: несущая частота $f_{\text{нес}} = 2 \text{ кГц}$; коэффициенты заполнения понижающего и повышающего звена $\gamma_1 = \gamma_2 = 0,5$; напряжение источника питания $U_d = 20 \text{ В}$; ток нагрузки $I_H = 0,2 \text{ А}$.

Базовая точка может быть изменена по указанию преподавателя.

Напряжение питания U_d на входе стабилизатора постоянного напряжения изменяется от 15 до 25 В (принимая значения 15, 20, 25 В). Обеспечить напряжение на нагрузке $U_H = 20 \text{ В}$, изменяя γ_1 , γ_2 . Найти законы изменения γ_1 , γ_2 , обеспечивающие наибольший КПД.

Методические указания

1. На рис. 4.1 приведена принципиальная схема повышающе-понижающего широтно-импульсного преобразователя при активно-индуктивной нагрузке. Она удобна для понимания работы преобразователя. Однако, сборку схемы для исследования преобразователя постоянного напряжения удобнее производить по схеме соединений рис. 4.2. Дополнительные внешние соединения показаны штриховыми линиями.

Тумблером S_{A3} установить заданную несущую частоту $f_{\text{нес}}$. Ручки потенциометров R_{P1} , R_{P2} установить в положение «0». Ручку регулятора тока нагрузки R_P в модуле «Нагрузка» (I_H) установить в положение «0», соответствующее минимальному току нагрузки (максимальному сопротивлению нагрузки R_H).

Включить автомат Q_{F1} «Модуль питания стенда» (МПС).

Включить тумблер «Сеть» модуля «Измеритель мощности». Для перевода модуля «Измеритель мощности» в режим измерения постоянных токов и напряжений одновременно нажать кнопки « $P/O/S$ » и « $f/\cos\phi$ ». Кнопки удерживать в нажатом состоянии до появления на табло надписи «Постоянный ток». Установить пределы измерений: тумблером « U » 30 В, тумблером « I » 2 А.

Тумблерами S_{A1} , S_{A2} включить питание систем управления модуля «Преобразователь постоянного напряжения». Включить тумблер S_{A1} источника питания в модуле МПС. С помощью потенциометра R_{P1} установить заданное напряжение источника питания.

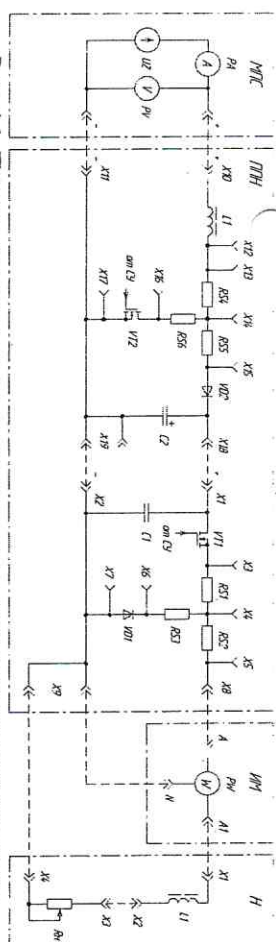


Рис. 4.1. Принципиальная схема для исследования повышающе-понижающего преобразователя постоянного напряжения

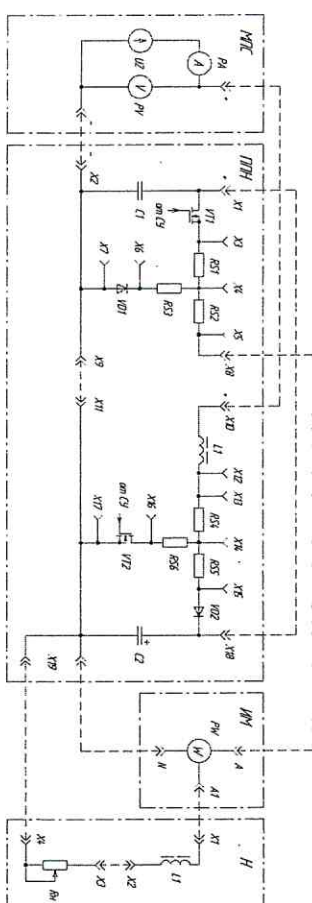


Рис. 4.2. Схема соединений для исследования повышающе-понижающего преобразователя постоянного напряжения

2. Снять осциллограмму тока нагрузки i_H для базового режима.

а) проверить заданное значение напряжения питания U_d , тумблером S_{A3} установить заданную несущую частоту $f_{\text{нес}}$ и установить заданные значения коэффициентов заполнения понижающего и повышающего звена $\gamma_1 = \gamma_2$ ручками потенциометров R_{P1} и R_{P2} . Ручкой регулятора тока R_P по измерителю I_H установить заданное значение тока нагрузки I_H . Измерить напряжение на нагрузке U_H . Определить R_H по формуле

$$R_H = U_H / I_H; \quad (1)$$

б) снять осциллограмму тока нагрузки i_H для базового режима. Для этого корпус осциллографа «L» подключить к гнезду $X5$, а вход канала $CH1$ — к гнезду $X4$. Зарисовать с экрана осциллограмма; определить масштабы по току и времени;

3. Снять регулировочную $U_H = F(\gamma)$ и энергетические $P_d = F(\gamma)$, $P_H = F(\gamma)$, $\eta = F(\gamma)$ характеристики преобразователя при постоянном значении сопротивления нагрузки R_H и заданных U_d и $f_{\text{нес}}$. Сопротивление R_H определено в п. 2, а. Изменяя γ_1 , γ_2 ручками потенциометров R_{P1} , R_{P2} в диапазоне от нуля до максимально возможного значения и обеспечивая выполнение равенства $\gamma_1 = \gamma_2$, фиксировать показания U_H , I_H , P_d , P_H . Показания занести в таблицу 4.1.

С помощью осциллографа замерять размах пульсаций тока нагрузки (двойную амплитуду) ΔI_n . Для этого переключить канал CH1 осциллографа на открытый вход «АС» (переменная составляющая входного сигнала). Показания занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

γ					Примечание
U_d , В					$R_n = \text{Ом}$
I_d , А					$f_{\text{нec}} = \text{кГц}$
$I_{\text{н}}$, В					
$I_{\text{н}}$, А					
P_d , Вт					
$P_{\text{н}}$, Вт					
ΔI_n , А					
q_i					
η					

Энергетические показатели рассчитать по следующим формулам:

мощность на входе $P_d = U_d \cdot I_d$, (2)

КПД $\eta = P_n / P_d$, (3)

коэффициент пульсаций тока нагрузки $q_i \approx \Delta I_n / 2I_n$, (4)

Повторить измерения при другой, например, вдвое большей величине активного сопротивления нагрузки R_n .

Характеристики для разных значений R_n строить в одних осях. Графики для мощностей P_d и P_n строить в одних осях.

4. Снять внешнюю $U_n = F(I_n)$ и энергетические $P_d = F(I_n)$, $P_n = F(I_n)$, $\eta = F(I_n)$ характеристики при заданных коэффициентах заполнения в обоих звеньях $\gamma_1 = \gamma_2$ для заданных U_d и $f_{\text{нec}}$. Для этого потенциометрами $RP1$, $RP2$ установить заданные коэффициенты заполнения γ . Изменяя сопротивление нагрузки реостатом R_n , фиксировать показания U_d , I_d , U_n , I_n . С помощью осциллографа замерять размах пульсаций тока нагрузки (двойную амплитуду) ΔI_n . Показания занести в таблицу 4.2.

Повторить измерения при другом, например, вдвое меньшем значении γ . Характеристики для разных значений γ строить в одних осях. Графики для мощностей P_d и P_n строить в одних осях.

Таблица 4.2

R_n , Ом					Примечание
U_d , В					$\gamma =$
I_d , А					$f_{\text{нec}} = \text{кГц}$
U_n , В					
I_n , А					
P_d , Вт					
P_n , Вт					

ΔI_n , А					
q_i					
η					

5. Выбрать энергетически оптимальный алгоритм управления для стабилизатора напряжения. При заданных в таблице 4.3 значениях напряжения питания найти требуемые коэффициенты заполнения в обоих звеньях при выполнении условия $\gamma_1 = \gamma_2$. Найти КПД для каждого значения напряжения U_d .

Таблица 4.3

Условия	$\gamma_1 = \gamma_2$	$\gamma_1 \neq \gamma_2$			Примечание
γ_1					$R_n = \text{Ом}$
γ_2					$f_{\text{нec}} = \text{кГц}$
U_d , В	25	20	15	20	15
I_d , А					
U_n , В	20	20	20	20	20
I_n , А					
P_d , Вт					
P_n , Вт					
η					

Устранив требование $\gamma_1 = \gamma_2$, найти лучшее сочетание коэффициентов заполнения звеньев.

Выключить тумблеры $SA1$, $SA2$ питания модуля «Преобразователь постоянного напряжения», а затем автомат $\mathcal{Q}F1$ «Модуль питания стенда».

Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие пункты:

- наименование и цель работы;
- исходные данные, принципиальную силовую схему установки;
- обработанные осциллограммы;
- результаты экспериментальных исследований и проведенных по ним расчетов, помещенные в соответствующие таблицы;
- выводы по работе;
- объяснить влияние коэффициента заполнения γ на величину напряжения на нагрузке понижающе-повышающего преобразователя постоянного напряжения;
- объяснить влияние коэффициента заполнения γ на КПД понижающе-повышающего преобразователя постоянного напряжения;
- пояснить влияние несущей частоты $f_{\text{нec}}$ на коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке q_i ;
- сформулировать, по какому закону следует регулировать коэффициенты заполнения звеньев, чтобы повысить КПД.