



2.1.8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА (СЕМИНАР) № 8. РАСЧЕТ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ИЭП

Цель работы: изучение принципов расчета низковольтных ИЭП, изучение конструкции и принципов его работы, получение заданных входных и выходных параметров низковольтных ИЭП, получение навыков расчета низковольтных ИЭП.

Задание по работе

1. Получить задание.
2. Рассчитать параметры низковольтного ИЭП.
3. Проанализировать результаты работы, сформулировать краткие выводы по работе

Методические указания по выполнению работы

Исходные данные: рассчитать низковольтный ИЭП с выходным напряжением регулируемой частоты и амплитуды, который можно использовать для проверки и испытания высокочастотных трансформаторов. Частота выходного напряжения такого ИЭП имеет ряд дискретно переключаемых значений 20, 30, 50 и 100 кГц с плавной подстройкой каждого из указанных значений. Выходное напряжение регулируется от 24 до 270 В. При этом мощность на выходе источника может достигать $1000 \text{ В} \cdot \text{А}$ при частоте 20...30 кГц и $200 \text{ В} \cdot \text{А}$ при частоте 50...100 кГц. Источник рассчитан на однофазное входное напряжение $(220 \pm 33) \text{ В}$ частотой 50 Гц. Функциональная схема источника представлена на рис. 2.60. Источник содержит два мостовых инвертора И1 и И2, собранных на полевых транзисторах типа IRFP460 фирмы International Rectifier и драйверах HCPL3120 фирмы Hewlett-Packard. При этом инверторы включены параллельно по входу и управляются напряжением прямоугольной формы типа меандр. В свою очередь, нагрузкой высокочастотных инверторов являются трансформаторы Т1 и Т2, вторичные обмотки которых соединены последовательно и включены на резонансный LC-контур. Нагрузкой LC-контура является трансформатор ИТ.

В рассматриваемом ИЭП осуществляется фазовый сдвиг между сигналами управления первого и второго инверторов. В результате векторного сложения напряжений на вторичных обмотках транс-



форматоров образуется широтно-модулированное напряжение U_{Σ} , которое поступает на LC -контур. Собственная резонансная частота ω_0 контура выбрана несколько ниже частоты преобразования инверторов. При этом напряжение первой гармоники в случае однократной ШИМ на входе LC -контура определяется выражением:

$$U_1 = [4/(\pi\sqrt{2})]\sin(\gamma\pi/2)U_{max}$$

где γ – относительная длительность импульса прямоугольного напряжения, $\gamma = 2t_{и}/T$; $t_{и}$ – длительность импульса; T – период повторения импульсов; U_{max} – максимальное значение прямоугольного импульса

В результате на выходе резонансного контура образуется напряжение синусоидальной формы, амплитуда которого регулируется в широком диапазоне при изменении фазы управляющего сигнала и изменяется по закону:

$$U_H = \frac{2\sqrt{2}U_1Z_H}{\pi\sqrt{(\omega L_K - \frac{1}{\omega C_K})^2 + Z_H^2}}$$

Здесь L_K и C_K – индуктивность и емкость контура; Z_H – сопротивление нагрузки.

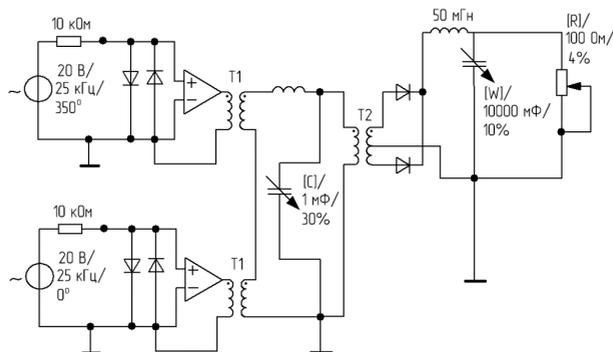
Одновременно в качестве регулировочной характеристики напряжения LC -контура используется функциональная зависимость модуля коэффициента передачи по напряжению $[K_u]$ от отношения частоты преобразования $\omega_{п}$ к собственной резонансной частоте $[K_u]$ контура ω_0 :

$$[K_u] = f\left(\frac{\omega_{п}}{\omega_0}\right).$$

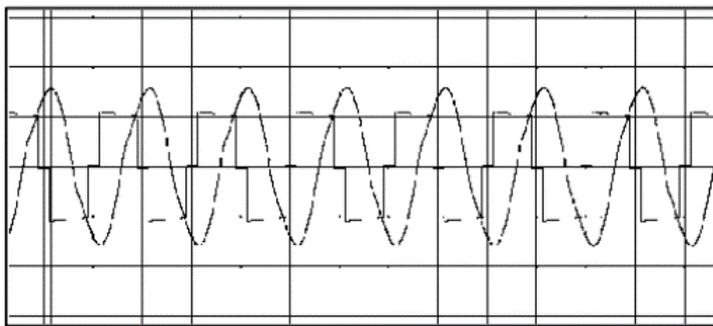
Значение модуля $[K_u]$ определяется выражением:

$$[K_u] = \sqrt{\left(\frac{\omega_{п}L_K}{R_H}\right)^2 + (1 - \omega_{п}^2L_KC_K)^2}.$$

Изменение частоты инверторов, выходных напряжения и мощности обеспечивает устройство управления, которое получает от органов управления на передней панели необходимые сигналы, а также сигналы обратной связи по выходным напряжению и току.



a



б

Рис. 2.8.1. Схема модели ИЭП для исследований трансформаторов (a) и диаграммы входного $U_{\text{ВХ}}$ и выходного $U_{\text{ВЫХ}}$ напряжений LC-контура (б)

Параметры модели трансформатора T1:

- коэффициент трансформации $n = 1,4$;
- индуктивность рассеяния $L_c = 0,1$ мкГн;
- индуктивность намагничивания $L_m = 42,2$ мкГн;



– активные сопротивления первичной и вторичной обмоток
 $R_p = R_x = 0,1 \text{ Ом}$.

Параметры модели трансформатора Т2:

– коэффициент трансформации $n = 1,5$;
– индуктивность рассеяния $L_c = 10 \text{ мкГн}$;
– индуктивность намагничивания $L_m = 42,2 \text{ мкГн}$;
– активные сопротивления первичной и вторичной обмоток
 $R_p = R_x = 0,1 \text{ Ом}$.

При исследовании регулировочных характеристик ИЭП с помощью программы схемотехнического моделирования Electronic-Workbench инверторы для упрощения заменялись идеальными операционными усилителями (ИОУ), работающими каждый на свой трансформатор (рис. 2.8.1, а). При этом на выходе ИОУ возможно получение двухполярного напряжения прямоугольной формы заданной частоты и амплитуды. Амплитуда выходного напряжения ИОУ определяется выбором двухполярного напряжения электропитания ИОУ.

Синхронное управление ИОУ осуществляется от двух генераторов синусоидального напряжения. Значения частоты и фазы генераторов в исследуемой схеме с резонансным LC -контуром в разомкнутом виде будут определять выходные напряжение и ток ИЭП и режимы работы каждого из компонентов схемы. Поэтому частота и фаза задаются в меню перед запуском программы в зависимости от необходимых выходных параметров ИЭП. Сдвиг по фазе напряжений задающих генераторов определяет нулевую паузу в результате векторного сложения напряжений на вторичных обмотках согласующих трансформаторов. Необходимые параметры (коэффициент трансформации, индуктивность намагничивания и рассеяния) согласующих трансформаторов Т1 и Т2, а также испытуемого или выходного трансформатора Т3 выбираются с учетом требуемого результата. Параметры выходного выпрямителя, сглаживающего фильтра и нагрузки также необходимо задать в меню программы. Интересующие в ходе исследований значения токов и напряжений отдельных элементов схемы, а также форма напряжения и тока выводятся на экран при помощи измерительных приборов и осциллографа. На рис. 2.8.2., б представлен пример диаграммы входного и выходного напряжений LC -контра,



нагруженного на трансформатор с двухтактным выпрямителем, сглаживающим LC -фильтром и нагрузкой.

Контрольные вопросы

1. Что такое операционный усилитель (ОУ)?
2. На каких частотах могут работать ОУ?
3. Как регулируют усиление ОУ?
4. Как получить на выходе трансформатора двухполярный сигнал при использовании двух идентичных ОУ?
5. Что такое резонансный контур?