Порядок выполнения лабораторной работы №2

«Трёхфазный автономный инвертор напряжения»

Для реализации данной лабораторной понадобится программа Multisim (версия значения не имеет). В данной работе используем Multisim 10.1

В первую очередь необходимо создать схему. Для этого нажимаем правую кнопку мыши в любое место поля, нажимаем **Place component** или комбинацией клавиш *Ctrl* + W (рис. 1) и выбираем необходимые компоненты.

Данными действиями вызывается библиотека компонентов. Во вкладке <u>Group</u>выбираем Sources и ставим нужный источник питания. Во вкладке Family выбираем <u>POWER SOURCES</u>, находим <u>DC POWER</u> и ставим на схему, нажимая OK или Enter (рис.2). По заданию требуется 12В на источник, так что установим данное значение. Двойным щелчком по требуемому элементу вызываем меню <u>«Свойства»</u> (или Properties), изменяем значение на 12В как показано на рисунке (рис. 3). Готово, источник настроен. Следует учесть, что в данном задании используется биполярный источник питания – понадобится ещё один источник питания, подключённый последовательно к другому источнику. Для создания средней точки установим «землю» между источниками. Установка источника будет показана на окончательной схеме.



Рис. 1 – Вызов библиотеки компонентов

Database:	Component:	Symbol (ANSI Y32.2) OK	-
Master Database 💌	DC_POWER	Te Close	
Corop: Sources ▼ Family: CAI familes> POWER_SOURCES SIGNAL_VOLTAGE_SOURCES SIGNAL_CARENT_SOURCES CONTROLLED_CARENT_SOURCES CONTROLLED_CARENT_SC CONTROLLED_CARENT_SC CONTROL_FUNCTION_BLOC OIGITAL_SOURCES	AC_POWER DC_POWER DGND GROUND GROUND_REF1 GROUND_REF1 GROUND_REF2 GROUND_REF3	<u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u> <u>Y</u>	 kort del
	GROUND_REF5 NON_IDEAL_BATTERY THREE_PHASE_DELTA THREE_PHASE_WYE	Function:	
	V_REF1 V_REF2 V_REF3 V_REF4 V_REF5	DC voltage source.	*
	VCC	Model manufacturer/ID:	
	VDD VEE VSS	Generic / VDCP	

Рис. 2 – Выбор источника питания

abel Display Value Fault Pins Va	ariant	
Voltage (V):	12	V
AC analysis magnitude:	0	V
AC analysis phase:	0	0
Distortion frequency 1 magnitude:	0	V
Distortion frequency 1 phase:	0	0
Distortion frequency 2 magnitude:	0	V
Distortion frequency 2 phase:	0	•
Tolerance:	0	%

Рис. 3 – Установка в поле Voltage (V) значение в 12В

Так как в данной работе нужно построить трёхфазный АИН, то понадобиться 3 пары транзисторов 2N7269. Чтобы их установить, выбираем в поле <u>Group</u> вкладку <u>Transistors</u> (рис.4). Всего ставим 6 транзисторов.



Рис.4 – Выбор транзисторов 2N7269

Следующим шагом будет установка резисторов. Вызываем библиотеку и во вкладке <u>Group</u> выбираем <u>Basic</u> (рис.5), далее нажимаем на <u>Resistor</u>. Выбираем абсолютно любой резистор, его значение установим позже. Всего в данной работе 9 резисторов: шесть присоединяются к транзисторам, а три идёт на нагрузку. Значения установим позже.



Рис. 5 – Выбор резисторов в библиотеке

Так же требуется поставить импульсные источники питания для открытия ключей – транзисторов. Всего должно быть 6 источников. О настройке источников будет рассказано после построения схемы. Для начала просто установим их: проделываем те же действия, как и при установке источника питания, но во вкладке Family выбираем <u>SIGNAL VOLTAGE</u>

<u>SOURCES</u>, далее находим <u>PULSE VOLTAGE</u> и ставим на схему шесть экземпляров.



Рис. 6 – Окончательный вариант схемы

где **R7, R8, R9** – нагрузочные сопротивления, установим по 10 Ом каждое; **R1 – R6** – сопротивления импульсных источников, выбираем малое значение например 2 Ом; **Q1 – Q6** – выбранные раннее транзисторы;

Перейдём к настройке импульсных генераторов. Для начала установим нулевую координату, просмотрев график (рис. 7):



Рис. 7 – График открытия транзисторов

Так как программа Multisim не может реализовывать отрицательную задержку, то нужно найти нулевую точку: во-первых, определим полупериод, который открывается раньше всех. На графике это К5 или же пятый транзистор. Начало открытия Q5 примем за точку отчёта; далее находим задержку для остальных: из графиков видно, что задержка перед открытием следующего ключа равна третьей части от полупериода. Поэтому лучше всего выбирать полупериод ключей, кратный трём.

Переходим к настройке источников: начнём с Q5. Двойным нажатием ЛК на генератор, присоединённый к Q5, открывается меня настроек. Установим значения периода, полупериода и задержки. В поле Period выбираем значение кратное трём, например, 120 мкс (120 us), в поле Pulse Width установим значение в пол периода т.е. 60 мкс (60 us). Так как это первый ключ, который не имеет задержки, то выставляем в поле Delay (или Delay Time) значение 0 мкс (0 us). Установка показана на рисунке 8.

conce nothed	User Fiel	ds	
Initial Value:	15	V	-
Pulsed Value:	15	V V	÷
Delay Time:	0	usec	÷
Rise Time:	1	nsec	÷
Fall Time:	1	usec	÷
Pulse Width:	60	usec	4
Period:	120	usec	-
AC Analysis Magnitude:	1	V	
AC Analysis Phase:	0		
Distotion Frequency 1 Magnitude:	0	V	÷
Distortion Frequency 1 Phase:	0	•	
Distortion Frequency 2 Magnitude:	0	V	÷
Distortion Frequency 2 Phase:	0		
Tolerance:	0	- 2	

Рис. 8 – Установка ключа Q5

Следующим ключом будет Q4. Он откроется спустя треть полупериода, т.е. в данном примере через 20 мкс (20us). Период и полупериод не изменяем, а в поле <u>Delay</u> ставим значение 20 мкс. Установка показана на рисунке 9.

Label Display Value Fault Pins	User Fi	elds		
Initial Value:	-15	V	-	
Pulsed Value:	15	V	÷	
Delay Time:	20	usec	<u>.</u>	
Rise Time:	1	nsec	÷	
Fall Time:	1	usec	÷	
Pulse Width:	60	usec	4	
Period:	120	usec		
AC Analysis Magnitude:	1	V	4	
AC Analysis Phase:	0	•		
Distortion Frequency 1 Magnitude:	0	V		
Distortion Frequency 1 Phase:	0	- ·		
Distortion Frequency 2 Magnitude:	0	V	÷	
Distortion Frequency 2 Phase:	0	•		
Tolerance:	0	2	- z	

Рис. 9 – Установка ключа Q4

Не трудно догадаться, что следующими ключами будет следующая последовательность: Q1, Q6, Q3, Q2. Учитываем, что задержка составляет 20 мкс, то заполняем поле <u>Delay</u> следующими значениями: 40 мкс, 60 мкс, 80 мкс, 100 мкс соответственно. Установка показана на рисунке 10.

Важно устанавливать периоды, полупериоды и задержки значениями порядка мкс. Иначе схема поведёт себя не корректно и графики, полученные в результате анализа, будут отличаться от верных.

Label Display Value Fault Pin	s User R	sids	
Initial Value:	15	V	÷
Pulsed Value:	15	- V	+
Delay Time:	40	usec	÷
Rise Time:	1	nsec	÷
Fall Time:	1	usec	÷
Pulse Width:	60	usec	+
Period:	120	usec	-
AC Analysis Magnitude:	1	V	4
AC Analysis Phase:	0	•	
Distortion Frequency 1 Magnitude:	0	V	÷
Distortion Frequency 1 Phase:	0	•	
Distortion Frequency 2 Magnitude:	0	V	2
Distortion Frequency 2 Phase:	0		
Tolerance:	0	2	
	0700		

Laber Lispiay Value Faut Pin	s User H	eics (
Initial Value:	-15	V	÷
Pulsed Value:	15	V	÷
Delay Time:	60	usec	-
Rise Time:	1	nsec	÷
Fall Time:	1	usec	÷
Pulse Width:	60	usec	+
Period:	120	usec	-
AC Analysis Magnitude:	1	V	-
AC Analysis Phase:	0	-	
Distortion Frequency 1 Magnitude:	0	V	+
Distortion Frequency 1 Phase:	0		
Distortion Frequency 2 Magnitude:	0	V	÷
Distortion Frequency 2 Phase:	0		
Tolerance:	0	x	

a)

б)

Label Display Val	e Faut Fin	· I com man	
Initial Value:		-15	V
Pulsed Value:		15	V
Delay Time:		80	usec
Rise Time:		1	nsec
Fall Time:		1	usec
Pulse Width:		60	usec
Period:		120	usec
AC Analysis Mag	nitude:	1	V
AC Analysis Phas	ie:	0	
Distortion Freque	ncy 1 Magnitude:	0	V
Distortion Freque	ncy 1 Phase:	0	
Distortion Freque	ncy 2 Magnitude:	0	V
Distortion Freque	ncy 2 Phase:	0	
Tolerance:		0	- 2
Replace	ОК	Cancel	Info
TAGE	OK	Cancel	Ho X
LTAGE Display Value Fault Piny al Value:	OK s User Fields	Cancel	Ho
Replace	OK a User Fields	Cancel	Info
TAGE	OK 0K 15	Cancel	Hro Ka
TAGE Daplay Value Fault Prov al Value: sed Value: ay Time: e Time:	OK 0K	Cancel Cancel	Ho A A A A A A A A A A A A A A A A A A A
LTAGE Display Value Fault Pinu al Value: sed Value: ay Time: e Time: Time:	OK a User Fields [-15 [15 [100 [1]	Cancel V V V psec bsec bsec	Info
Replace	OK 0K 15	Cancel	110
Englace	OK User Fields	Cancel	₩0
TAGE	OK 0K	V V V vsec vsec vv	10 Ho
Replace	OK a User Fields [-15 [15 [100 [1 [1 [60 [120 [1 [1 [0	V V V usec usec usec usec V v	¥0
	ОК	Cancel	¥0
Replace	ОК в Цизет Fields [-15 [15 [100 [1 [1 [1 [60 [120 [1 [0 [0 [0]0]0]0	Cancel	¥0 नि स स स स स म स स
Replace	OK User Fields	Cancel	¥0
Replace VIEN	OK User Fields	V V V vsec vsec V vsec V v v v v v v	¥0
Replace	OK 0 0 User Fields -15 15 100 1 1 60 120 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	V V V v v v v v v v v v v v v	10 No
Replace UTAGE Display Value Fault Pin al Value: sed Value: lay Time: e Time: 1 Time: see Wridth: totic Analysis Magnitude: Analysis Phase: totion Frequency 1 Magnitude: totion Frequency 2 Magnitude: totion Frequency 2 Phase: totion Frequency 2 Phase: totion Frequency 2 Phase:	ОК User Fields -15 -15 -15 -100 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1	Cancel	¥0
Replace UTAGE Display Value Fault Pinal Value: al Value: ad Value:	OK 0 0 User Fields -15 15 100 1 1 1 60 120 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Cancel V V V Vaec vaec vaec vaec vaec V V vaec Vaec vaec Vaec vaec Vaec vaec Vaec vaec Vaec vaec Vaec v	

г)

Рис. 10 – Установка оставшихся ключей: а) ключ Q1; б) ключ Q6; в) ключ Q3; г) ключ Q2

Когда источники настроены, переходим к <u>Transient Analysis</u>. Находиться данный анализ во вкладке <u>Simulate</u>.

При переходе на <u>Transient Analysis</u> сразу нажимаем на вкладку <u>Output</u> и начинаем настройку: так как мы должны получить форму напряжения на нагрузке, то нажимаем на <u>Add expression</u> (puc.11).

Transient						
Analysis parameters	Output	Analysis opti	ons	Summary		
Variables in circuit:	_					Selected variables for analysis
All variables		-				All variables
I(L1) I(R1) I(R2) I(R3) I(R5) I(V1) I(V2) I(V3) I(V4) I(V5) P(L1) P(R2) P(R3) P(R4) P(R5) P(V1) P(V2)		E	>	Add Remove dit express	> <	>

Рис.11 – Переход во вкладку Output

Далее можно будет выбрать одну из доступных функций. Т.к. нам требуется разность потенциалов, то во вкладке <u>Variables</u> выбираем первую точку двойным нажатием ЛК. В данном примере это точка 14, поэтому выбираем U(14). В поле <u>Expression</u> появится выбранное значение. Следующим шагом будет выбор нужной функции, поэтому переходи во вкладку Function и выбираем «минус». Возвращаемся во вкладку <u>Variables</u> и выбираем вторую точку. В данном случае это точка 17, следовательно, выбираем U(17). В итоге получается U(14) – U(17). Нажимаем на ОК или Simulate и получаем первый график (рис.12):



Рис.12 – Форма напряжения для первой нагрузки

Для дальнейших построений графиков меняем точки, между которыми проводим измерение. В данном примере вторая нагрузка подключена между точками 15 и 17. Значит в поле <u>Output</u> выбираем U(15) – U(17). Порядок выполнения этих действий рассмотрен выше. В итоге получаем график с периодом задержки, равный 20 мкс (рис.13):



Рис.13 – Форма напряжения для второй нагрузки

Проводим те же операции над нахождением разности потенциалов на третьей нагрузке. В данном случае должно получиться U(16) – U(17) (рис.14):



Рис.14 – Форма напряжения для третьей нагрузки

График отстаёт от предыдущего на 20 мкс и на 40 от первого, следовательно, на графиках правильная форма напряжения.

Следующим шагом будет нахождение и построение графика линейного напряжения. Для проверки работоспособности схемы и правильности её построения достаточно найти разность между двумя точками. Допустим для данной схемы этими точками будут 14 и 15. Во вкладке <u>Output</u> установим U(14) – U(15). Полученный график (рис.15) свидетельствует о правильности работы схемы.



Рис.15 – Форма линейного напряжения

Далее посмотрим на напряжение в каждой точке транзисторных пар. Этими точками являются 14, 15, 16. Для построения графика достаточно осциллографа (<u>Oscilloscope</u> на правой панели). Выбираем любой из выводов. В примере установим на вывод А: один контакт подключим на точку 14, а другую на землю, как показано на рисунке 6.

Двойным нажатием на осциллограф выводится график. Нажимаем <u>Run</u> и наблюдаем за построением (рис.16):



Рис.16 – Осциллограмма между точками 14 и «землёй» 12

При подключении на точки 15 и 16 получим примерно такой же график, но с задержкой, установленной раннее.