

УНИВЕРСАЛНА ПРОГРАМА SAFEDV ЗА ШИФРОВО МОДЕЛИРАНЕ
НА ЛАМПОВИ ГЕНЕРАТОРИ

Доц. к. т. н. инж. Евтений Иванов Попов

Катедра "Силова електроника"

Технически университет - София

Програмата SAFEDV служи за моделиране на работата на силовата схема на произволен по структура и параметри лампов генератор за технологични цели. Основен елемент в ламповия генератор е електронната генераторна лампа, която най-често работи в ключов режим. В някои случаи, когато електронната лампа работи в ключов режим, като работната точка преминава от запушено състояние в напрегнат режим без да се застоява в активната област, за изследване на процесите в ламповия генератор могат да се използват универсални програми, които по принцип служат за моделиране на полупроводникови преобразуватели на електрическа енергия, като при това електронната лампа се моделира като пълноуправляем ключ [1 , 2] . В повечето схеми на лампови генератори [3] работната точка на лампата преминава от областта на запушеното състояние в областта на напрегнатото състояние и обратно, като за известно време се намира в активната област. В такъв случай, като се вземат под внимание характеристиките на лампите

$$i_a = F_a(u_a, u_g) \quad (1)$$

$$j_g = F_g(u_a, u_g) \quad (2)$$

може електронната лампа да се разглежда като нелинеен елемент, състоящ се от два зависими генератора на ток - J_a , изобразяващ анодния ток на лампата и J_g , изобразяващ тока на първата решетка на лампата, които зависят от анодното напрежение u_a и решетъчното напрежение u_g (фиг. 1).

При такъв модел на електронната/ите/ лампа/и/ в схемата на ламповия генератор, за анализ на силовата схема на генератора може да се използва методът на променливите на състоянието, като за интегрирането на получената система диференциални уравнения се използва малка стъпка на интегрирането (например десетократно по-малка от необходимата), като на всяка стъпка се уточняват стойностите на анодното и решетъчното напрежения на електронната лампа. От предварително въведените анодни (1) и решетъчни

(2) характеристики в табличен вид, чрез използване на стандартна процедура за интерполация, се определят стойностите на анодния ток i_a и на решетъчния ток i_g в зависимост от u_a и u_g , т.е. на генераторите на ток i_a и i_g от фиг. 1, които се заместват при изчислението на величините по метода на променливите на състоянието за следващата стъпка. Интегрирането се извършва с някоя от подпрограмите за числено интегриране на системи диференциални уравнения, например RKGS. Не е необходимо да се проверява състоянието на електронната лампа (запушено, отпушено, напрегнато), тъй като този процес сам по себе си е заложен в определянето на i_a и i_g в зависимост от u_a и u_g по характеристиките на лампата чрез интерполация. Подобен подход би могъл да се използва и при програмите за цифрово моделиране на полупроводникови преобразователни устройства. Тогава полупроводниковите прибори не е необходимо да се заменят с ключове, а се работи с генератори на ток, които изобразяват токовете през приборите в зависимост от напреженията и управляващите сигнали чрез интерполация на предварително зададените в табличен вид характеристики на използваните прибори.

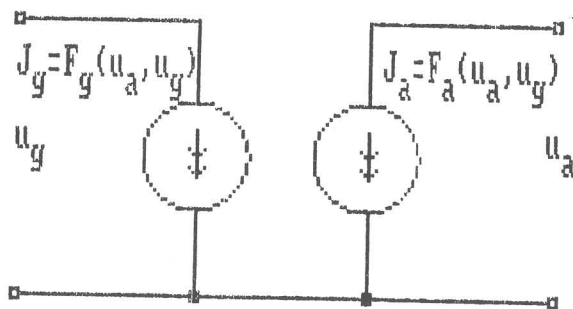
Като пример е разгледан лампов генератор по последователна схема с независимо възбуждане, работещ в напрегнат режим и изпълнен с генераторния триод ГУ-5А (фиг. 2). Информация за структурата на изследваната схема, параметрите на нейните елементи, началните условия, временния интервал за анализ, изходните данни и начина на тяхното извеждане, характеристиките (анодни и решетъчни) на генераторната лампа се съдържа във входния файл, необходим за работата на програмата SAGECV. След анализа са получени например времедиаграмите на: анодното напрежение на генераторната лампа (U_6 на фиг. 3 а), анодния ток на лампата (I_6 на фиг. 3 б), моментната стойност на мощността, отделяна на анода на лампата (P_6 на фиг. 3 в), решетъчното напрежение на лампата (U_7 на фиг. 3 г), решетъчният ток на лампата (I_7 на фиг. 3 д), моментната стойност на мощността, отделяна в решетката на лампата (P_7 на фиг. 3 е), напрежението върху товарния трептящ кръг (U_3 на фиг. 3 ж), тока през товарното съпротивление R_4 (I_4 на фиг. 3 з). На фиг. 3 и са показани в относителни единици резултатите от хармоничния анализ на анодния ток на лампата I_6 .

Като друг пример е изследван лампов генератор по паралелна схема с независимо възбуждане, изпълнен с генераторната лампа ГУ - 5А (фиг. 4). След анализа с програмата CAPECV са получени времедиаграмите на: анодното напрежение на лампата (U_a на фиг. 5 а), анодния ток на лампата (I_a на фиг. 5 б), моментната стойност на мощността, отделяна на анода на лампата (P_a на фиг. 5 в), решетъчното напрежение на лампата (U_p на фиг. 5 г), напрежението върху товарния кръг (U_z на фиг. 5 д).

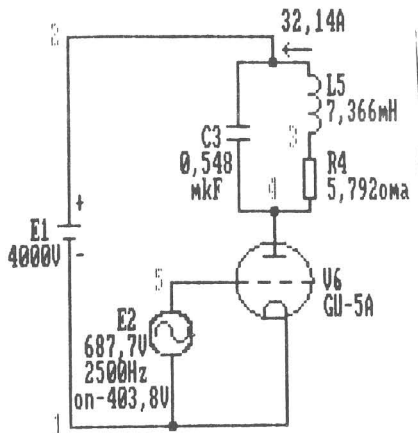
Сравнението на резултатите от изследванията по горните два примера с резултатите, получени от ръчно изчисление [3], показва пълно съвпадение помежду им и позволява да се направи изводът за приложимостта на универсалната програма CAPECV за цифрово моделиране на лампови генератори.

ЛИТЕРАТУРА

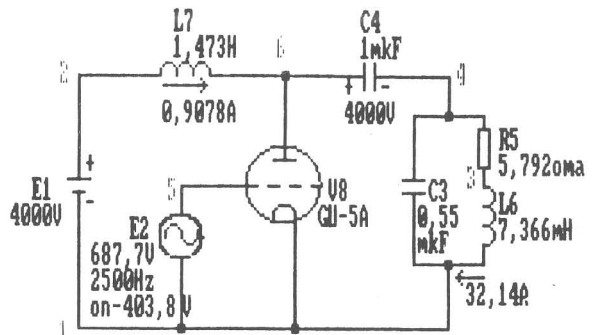
1. Попов Е. И. "Метод за цифрово моделиране на тиристорни преобразуватели", Сп. "Електропромишленост и приборостроене", 1983, № 11.
2. Попов Е. И. "Програма за машинен анализ на силови електронни схеми - CAPECV", Сборник доклади на Научната сесия по случай Деня на Радиото, 7. 5. 1986 г.
3. Начев Н. А. "Промислена електроника", София, Техника, 1966.



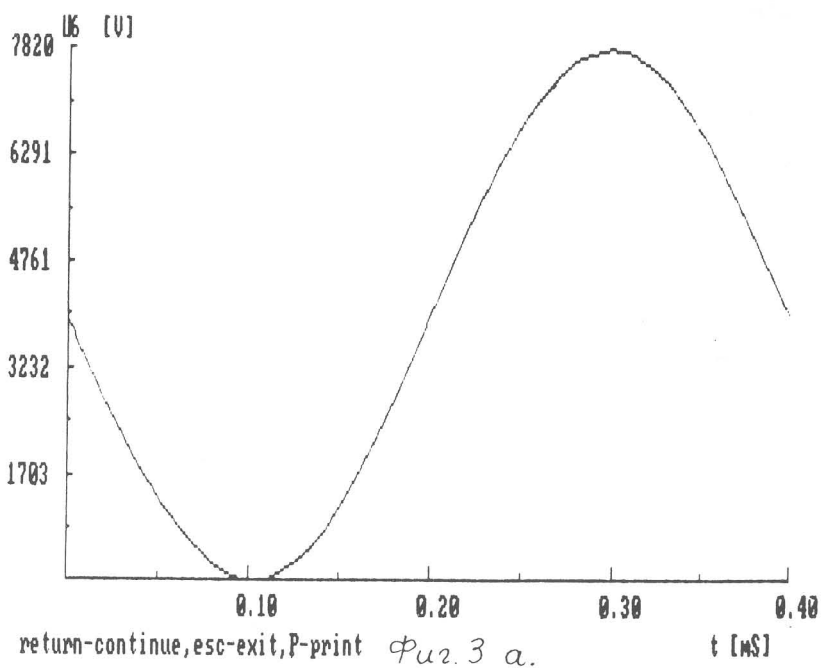
Фиг. 1.



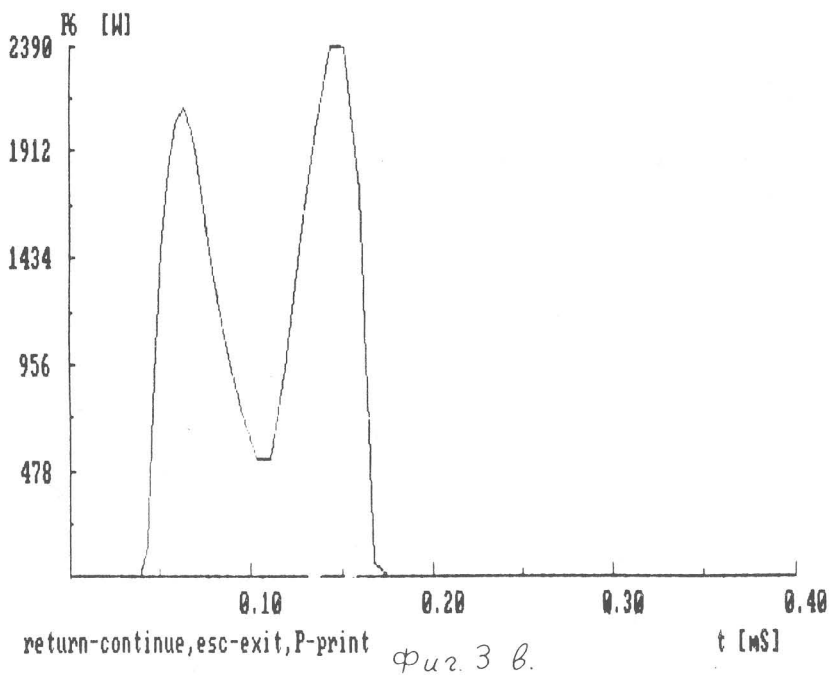
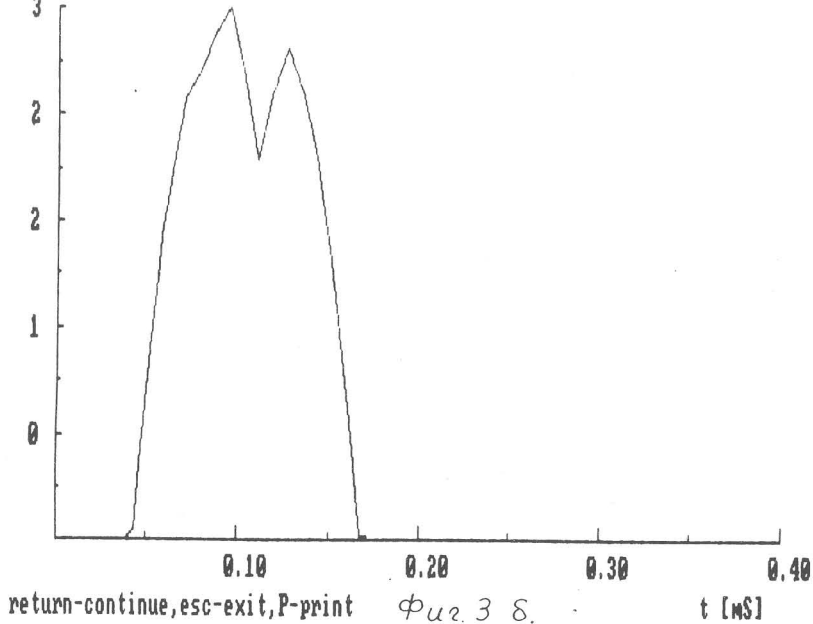
Фиг. 2.



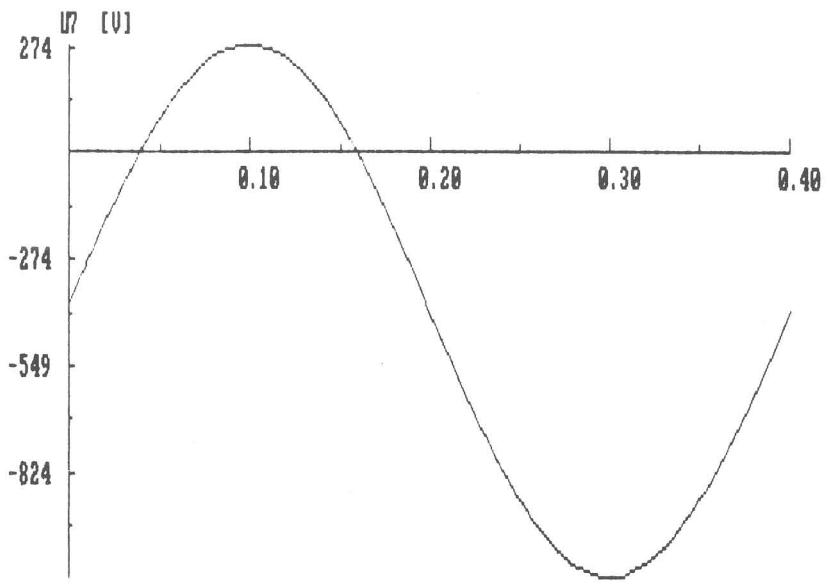
Фиг. 4.



return-continue, esc-exit, P-print Фиг. 3 а.



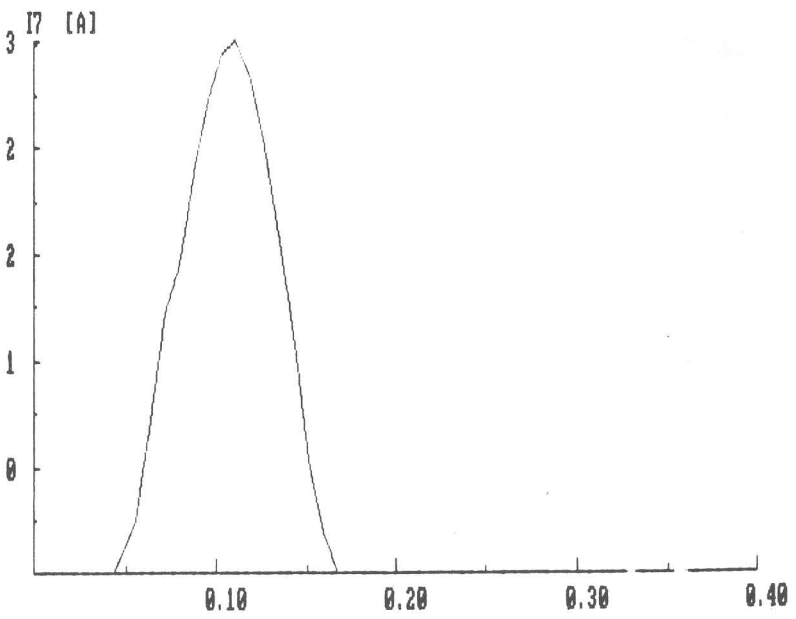
2



return-continue,esc-exit,P-print

$\varphi_{uz.3.2}$

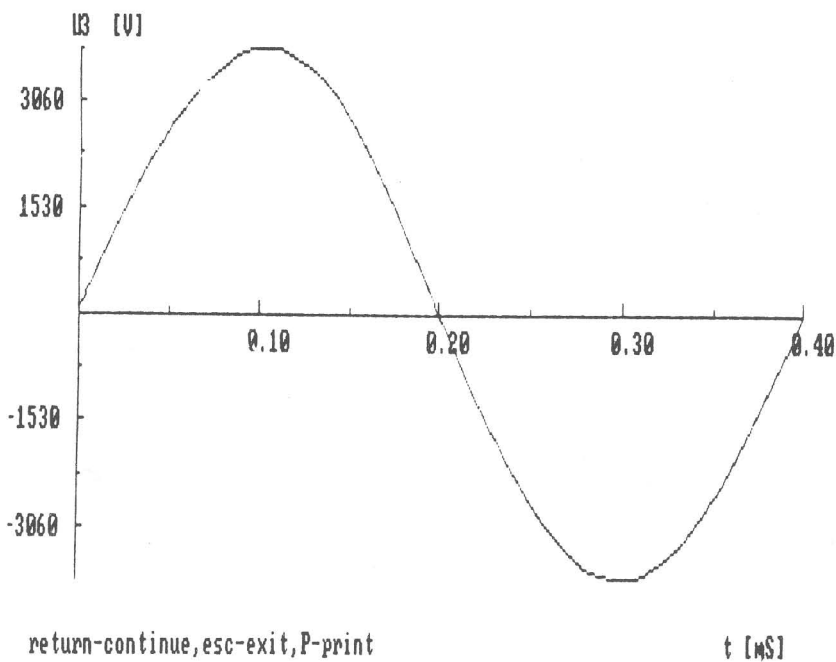
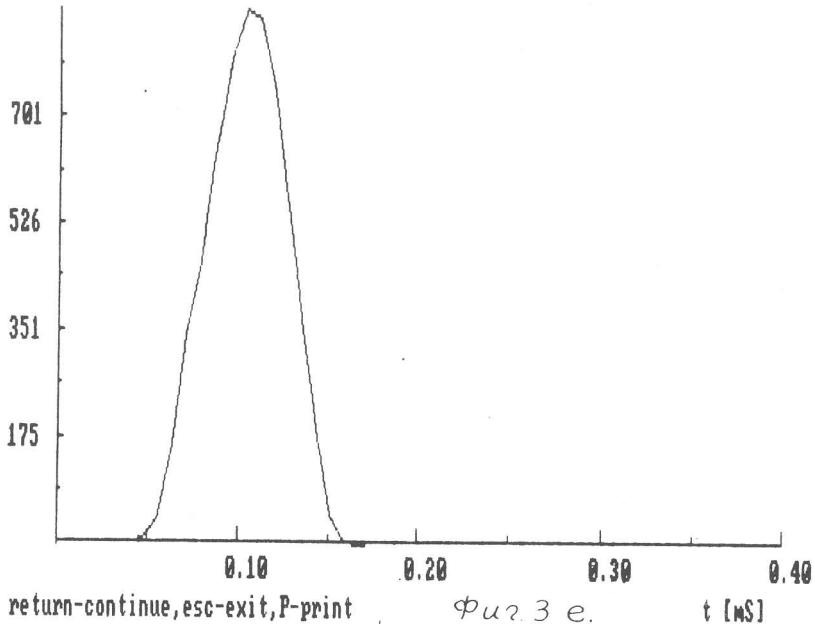
t [ms]

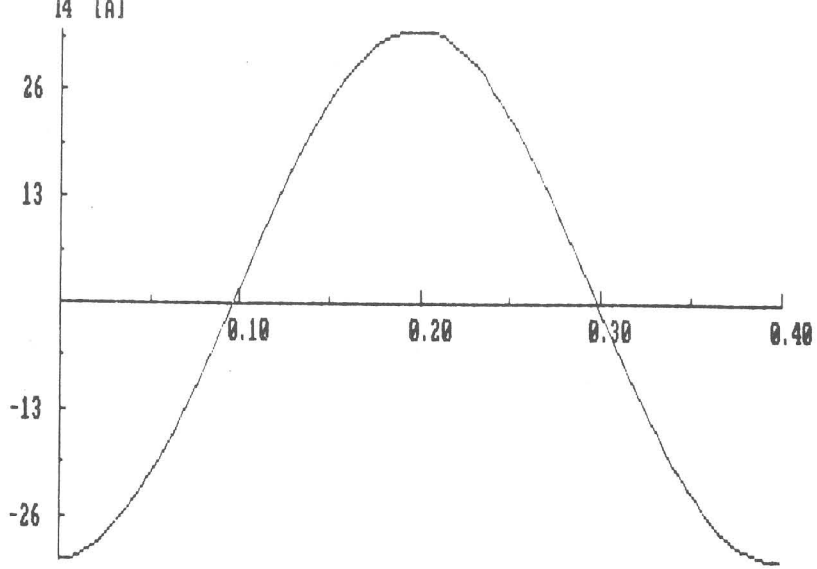


return-continue,esc-exit,P-print

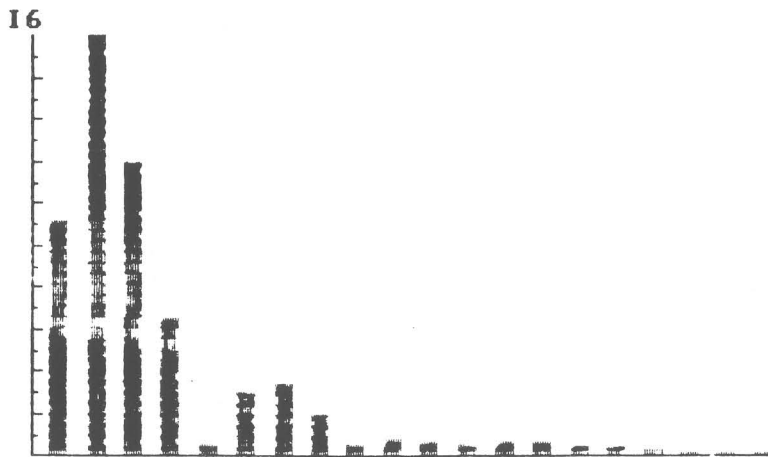
$\varphi_{uz.3.g}$

t [ms]

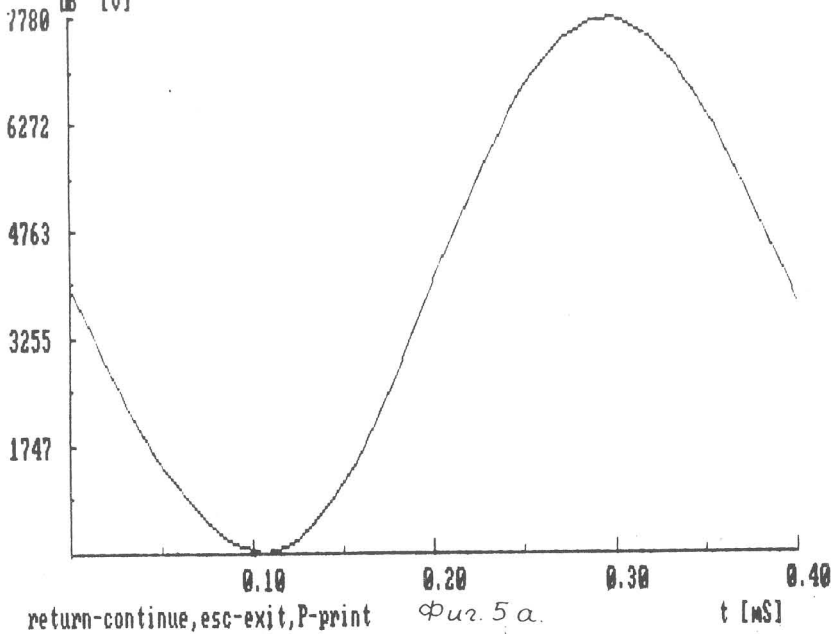




return-continue,esc-exit,P-print $\phi_{uz.3 \text{ ж}}$ t [mS]



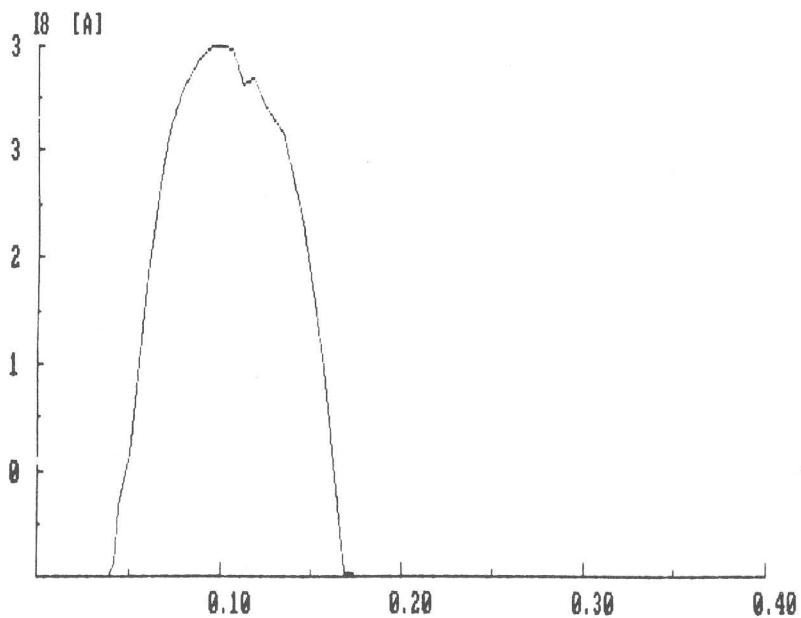
return-continue,esc-exit,P-print 'IHARM.
 $\phi_{uz.3 \text{ и}}$



return-continue,esc-exit,P-print

$\phi_{uz.5a.}$

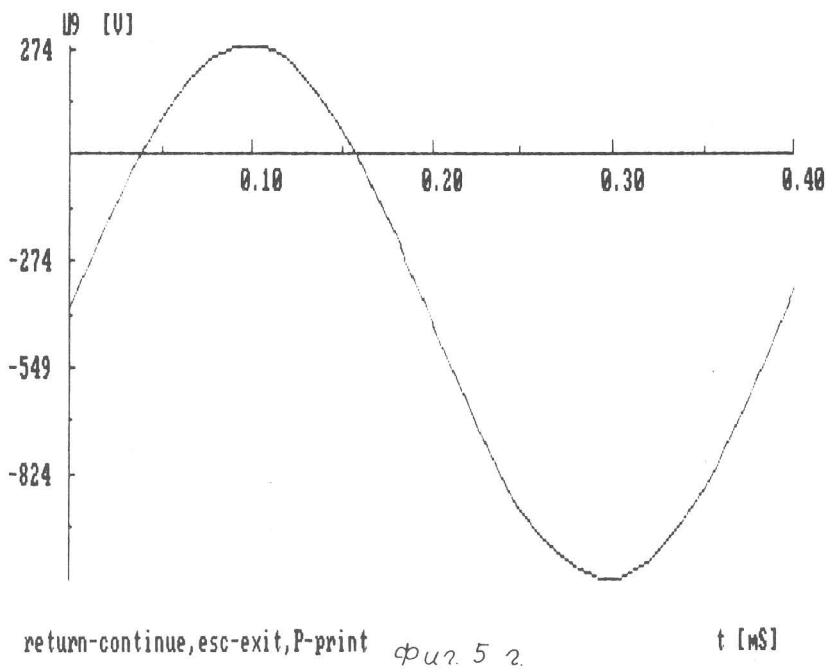
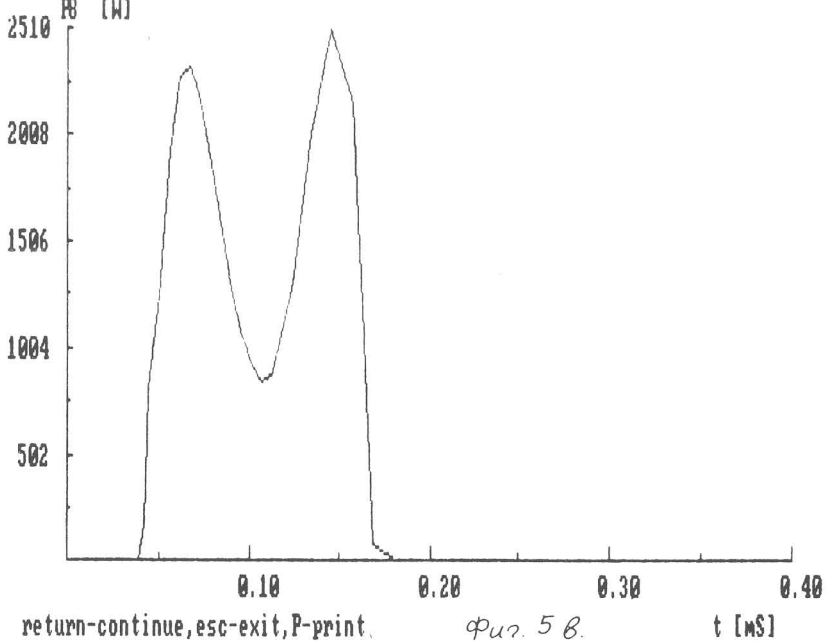
t [μ S]

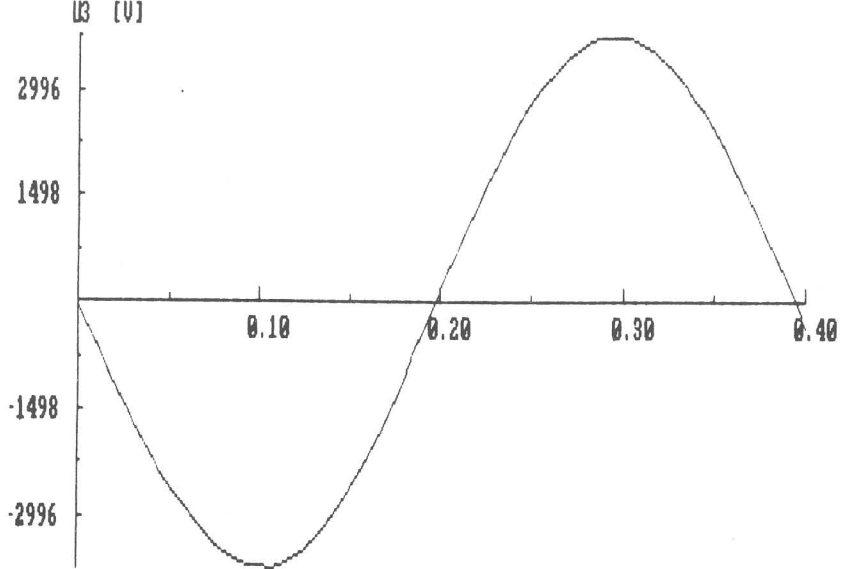


return-continue,esc-exit,P-print

$\phi_{uz.5b.}$

t [μ S]





return-continue, esc-exit, P-print

$\varphi_{ur. 5g}$ t [mS]