

**2.5. Компютърна симулация на генераторни схеми.**

**Особености при компютърната симулация на генераторни схеми с помощта на *PSpice*.**

**Начини за стартиране на симулацията.**

**Контрол на точността.**

**Спектрален анализ.**

При изследване на генераторни режими в електронните схеми и системи с помощта на универсални симулатори от типа на Cadence PSpice, съществуват някои **особености**. Те са свързани:

- със стартирането на анализа в областта на времето и **начините за възбуждане на колебанията**;
- с **контрола на точността**;
- с изследването на **хармоничния състав** на изходния сигнал.

- По подразбиране, ако потребителят не се намеси с настройване на режимите на анализа в областта на времето, се извършва **еднократен постоянен ток анализ** и получените данни за работната точка се задават като **начални условия на анализа в областта на времето**.
- Ако този статичен режим е едно от равновесните състояния на схемата, **стартирането на анализа в областта на времето няма да възбуди колебания** и схемата ще остане в това състояние до края на симулацията.
- Затова се налага да се използват различни **подходи за възбуждане на колебанията** при стартирането на анализа.

## 1. Начини за възбуждане на колебанията при генераторни схеми

Основните подходи, използвани за възбуждане на колебанията при стартирането на анализа в областта на времето, са:

- чрез задаване на начални условия;
- чрез възбуждане със стартов импулс;
- чрез задаване на време на нарастване на захранващите напрежения;
- чрез въвеждане на малка несиметрия в симетрични схеми и др.

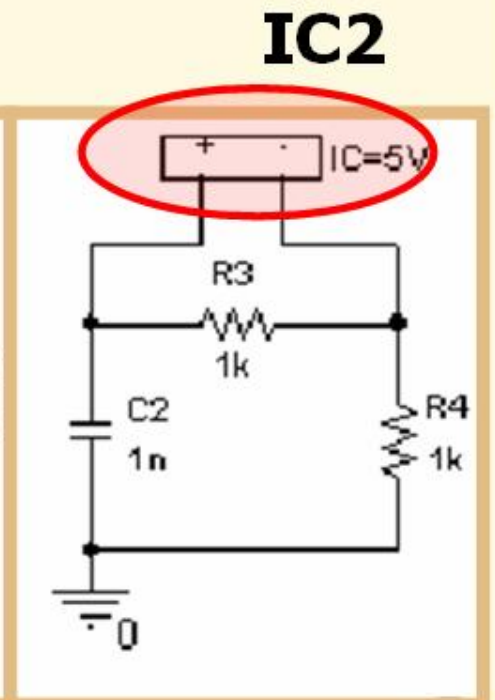
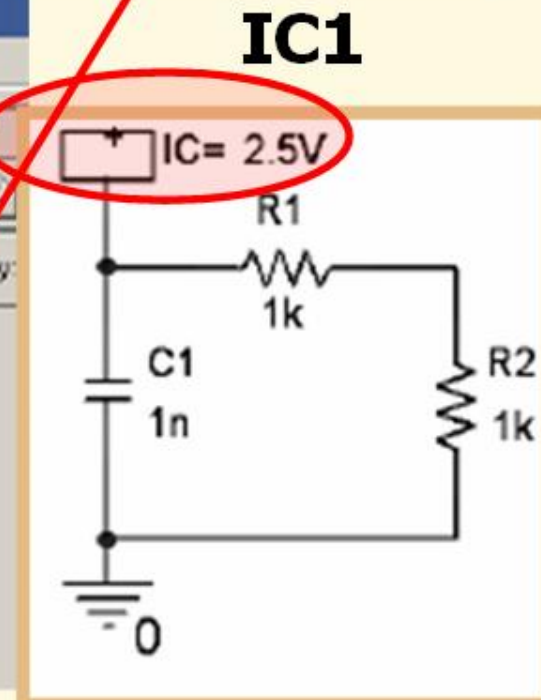
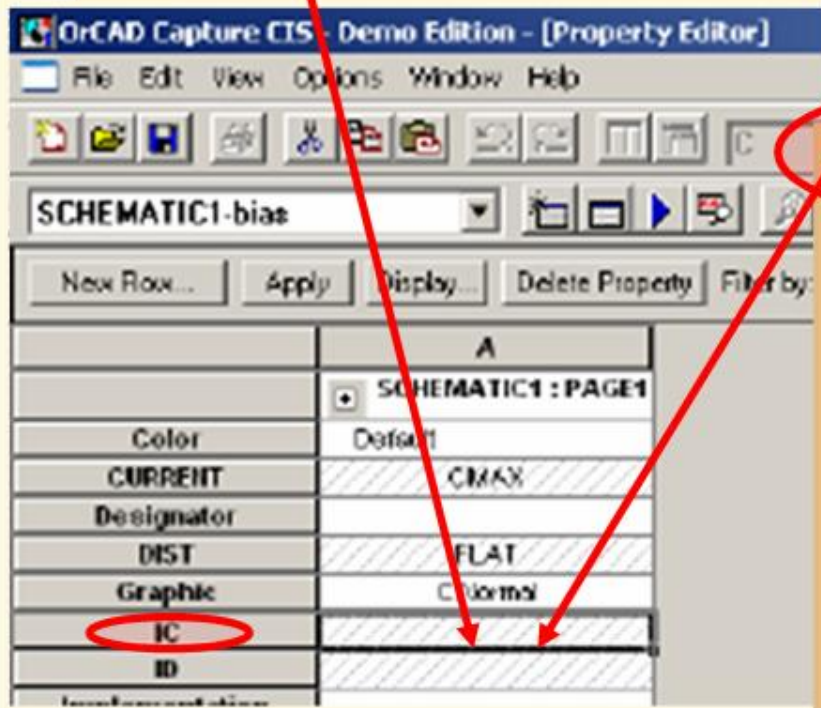
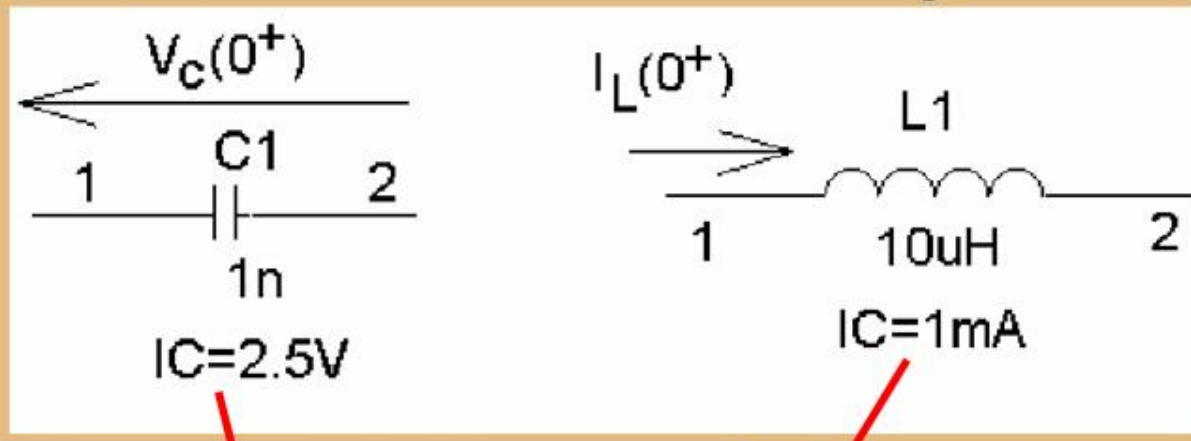
## 1.1. Възбуждане чрез задаване на начални условия

- Анализът в областта на времето започва от дадени **начални условия**, дефинирани от напреженията върху кондензаторите  $u_C(0+)$  и токовете през бобините  $i_L(0+)$  в момента на стартиране на симулацията ( $t = 0+$ ).
- Ако тези начални условия не съвпадат по стойност с данните в състоянието на равновесие на схемата, **се възбуждат колебанията** в модела на схемата.

## Процедура за анализ на генератора

1. Задава се начално условие чрез  $u_C$  или  $i_L$  в момента ( $t = 0+$ ) чрез менюто с атрибути на елемента и се редактира атрибутът **IC** (Initial Condition – начално условие).
2. Задава се анализ в областта на времето чрез менюто **PSpice/Edit Simulation Profile/Time Domain**
3. Отменя се определянето на началните условия на база на постояннотоковия анализ, който се извършва автоматично при стартиране на симулацията. За целта се маркира режимът **Skip the initial transient bias point calculation** (SKIPBP) (Пренебрегни данните от изчислението на работната точка като начално условие за времевия анализ).

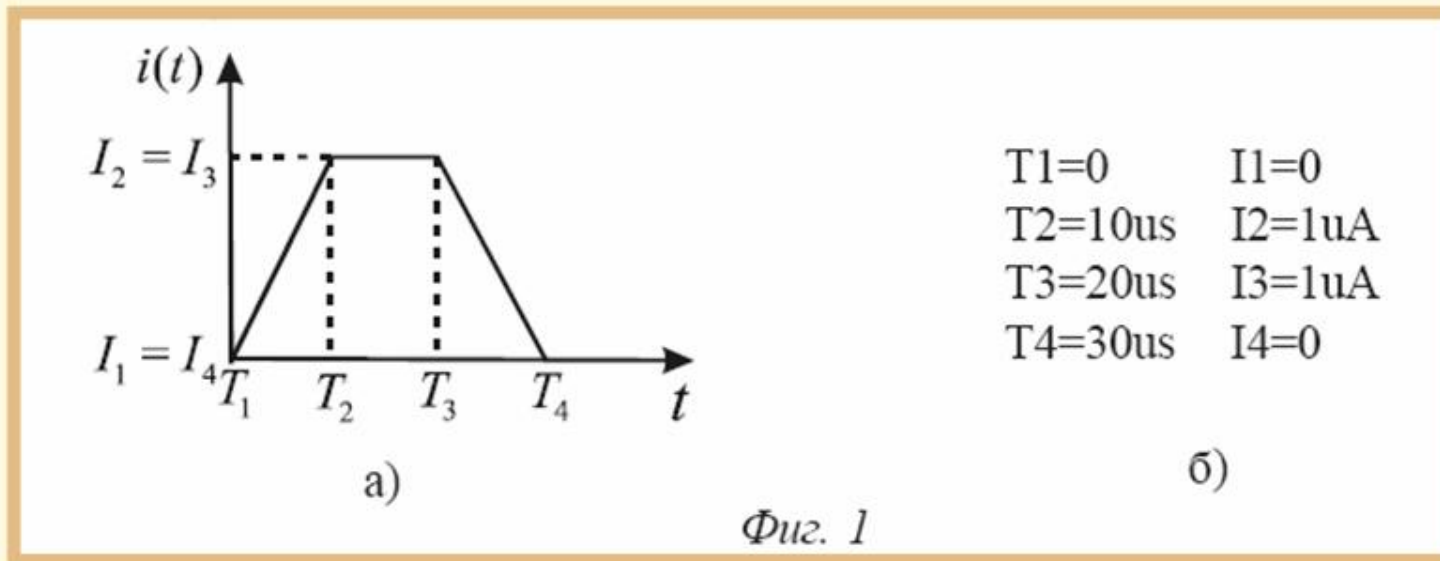
# Задаване на начални условия в Capture



## 1.2. Възбуждане със стартов импулс

- Симулацията може да бъде стартирана чрез прилагане на токов или напрежителен стартов импулс.
- За целта се използват независими източници с отрезово-линейна апроксимация (**PWL** - Piece-Wise Linear) на сигнала.



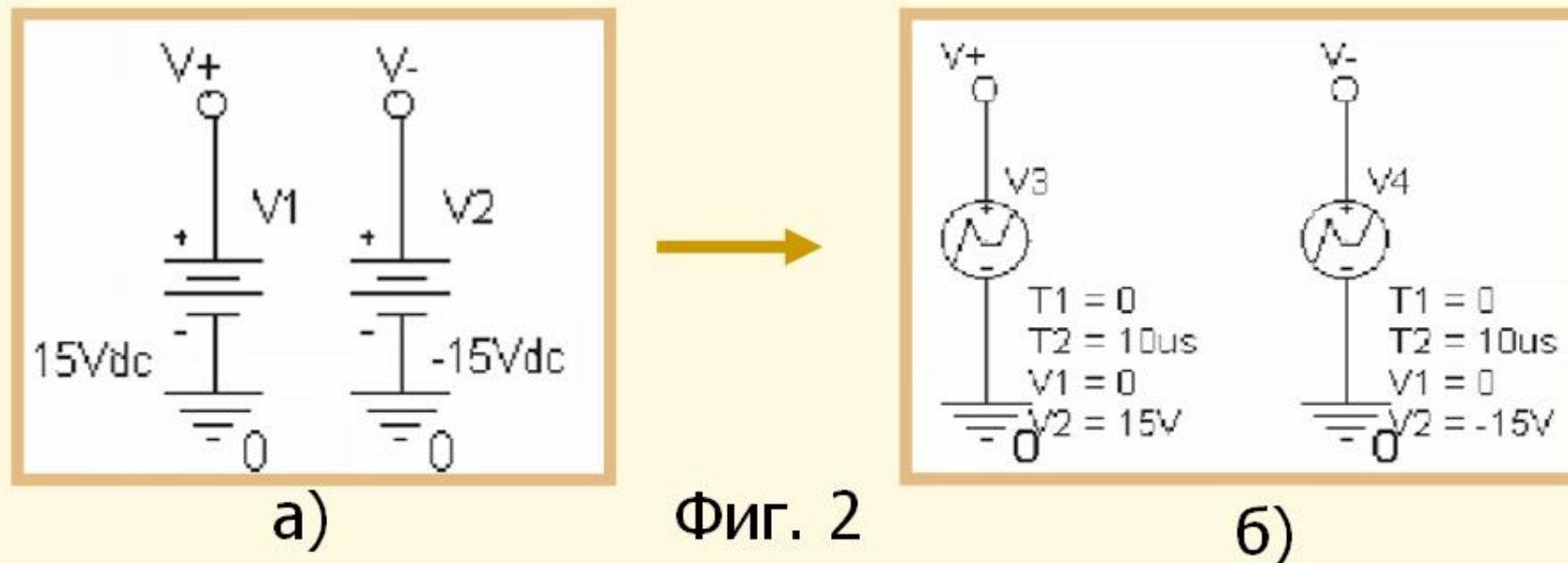


Фиг. 1

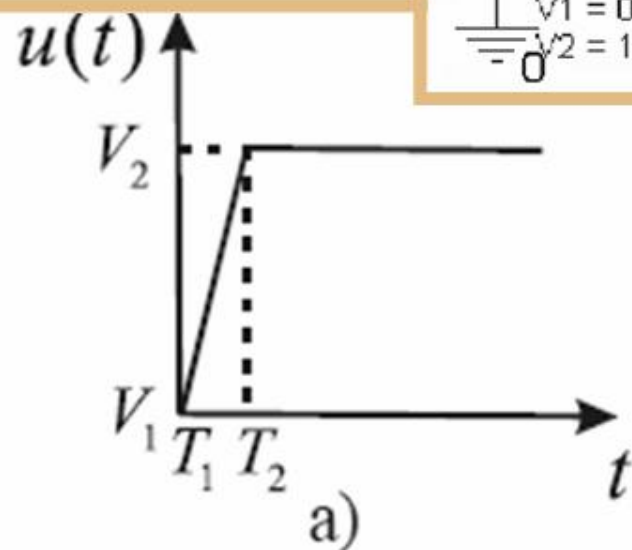
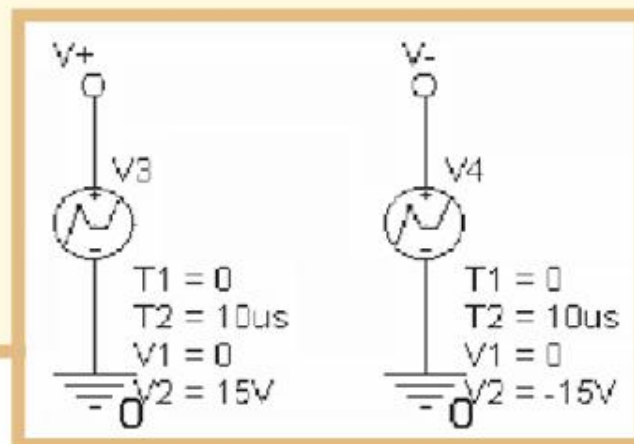
- При **възбуждане на колебанията с токов импулс** (фиг. 1 а), той е моделиран с независимия източник на ток  $I_1$  с отрезово-линейна апроксимация (тип **IPWL**).
- В менюто за редактиране на свойствата **Edit Properties** се задават данните за координатите на точките **( $T_1, I_1$ )**, **( $T_2, I_2$ )**, **( $T_3, I_3$ )** и **( $T_4, I_4$ )** - (фиг. 1 б):

### 1.3. Възбуждане чрез задаване на време на нарастване на захранващите напрежения

Вместо чрез независими източници на напрежение тип **VDC** (фиг. 2а), тези напрежения се задават чрез независимите източници тип **VPWL** V3 и V4 (фиг. 2б) с отрезково-линейна апроксимация на сигнала.



Напреженията  $V_3$  и  $V_4$  имат вида, показан на фиг. 3а и се описват с данните от фиг. 3б.



За източника  $V_3$ :

$$T_1=0 \quad V_1=0$$

$$T_2=10\mu s \quad V_2=15V$$

За източника  $V_4$ :

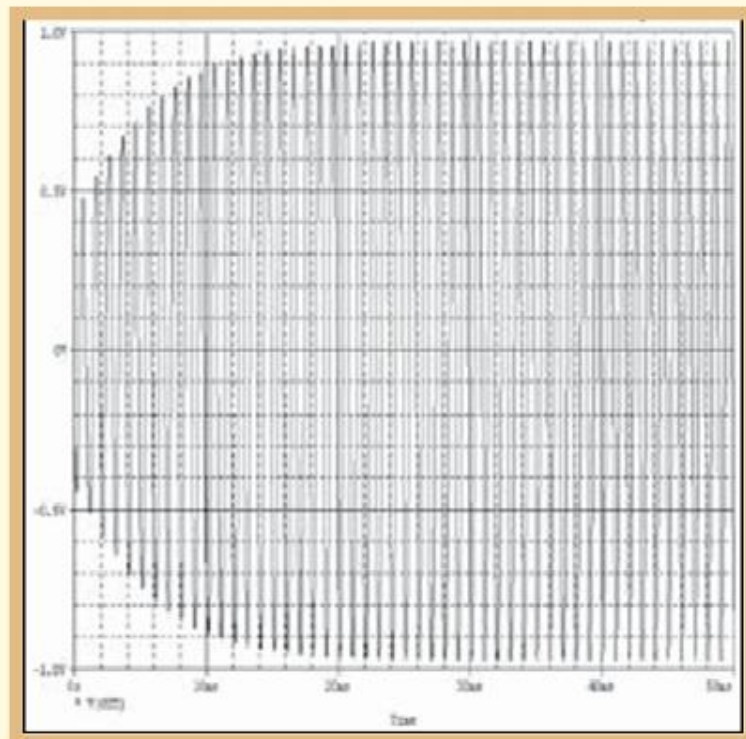
$$T_1=0 \quad V_1=0$$

$$T_2=10\mu s \quad V_2=-15V$$

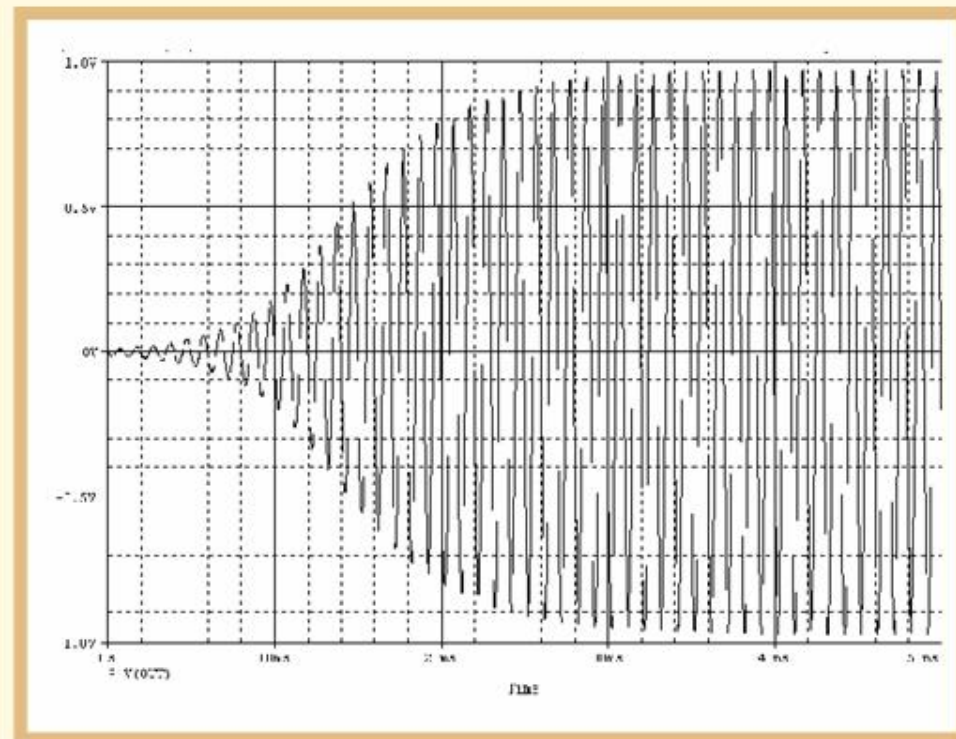
б)

Фиг. 3

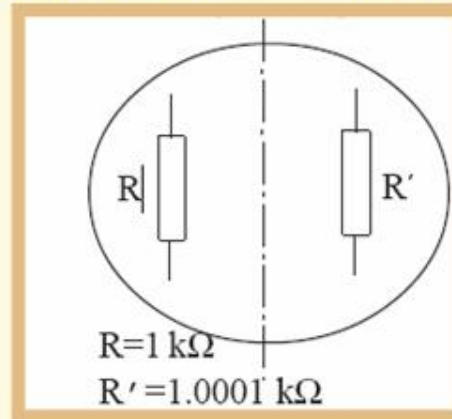
## Възбуждане с начални условия



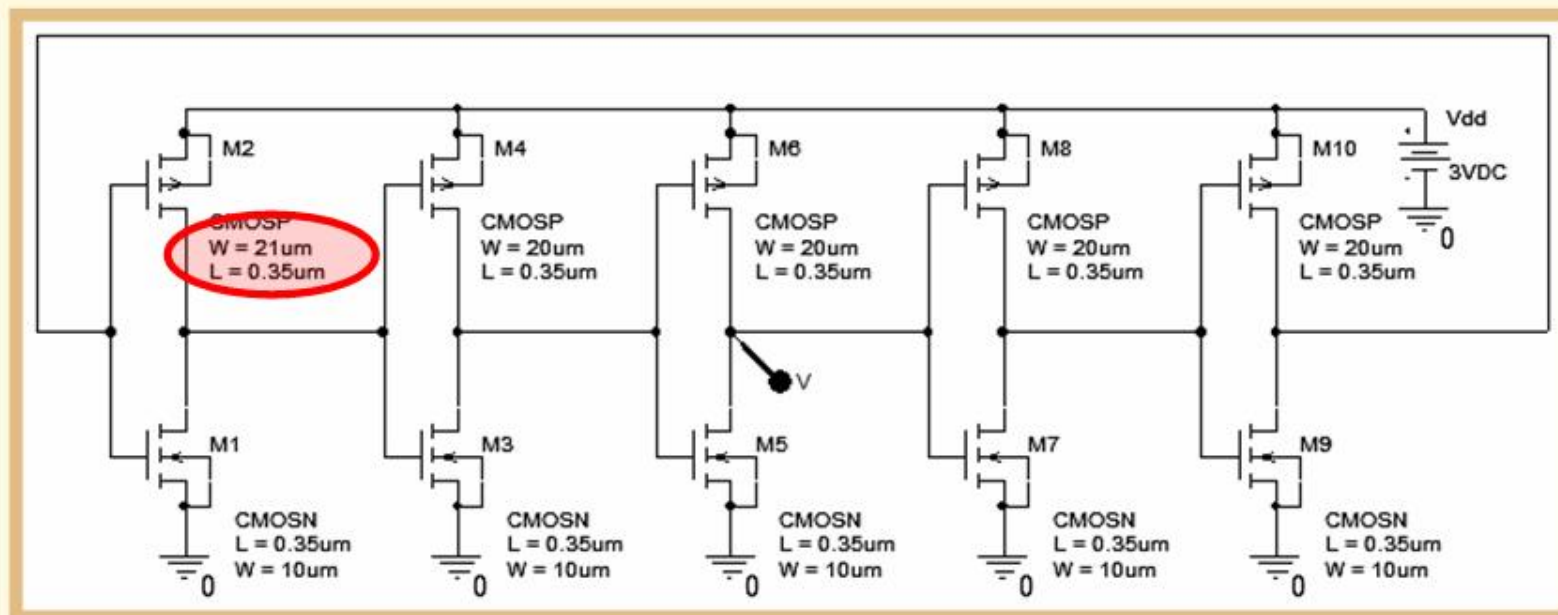
## Възбуждане със стартов импулс



## 1.4. Възбуждане чрез въвеждане на малка несиметрия в симетрични схеми



Пример: схема на кръгов генератор



## 2. Контрол на точността

□ При симулацията на генераторни схеми се изисква изчисляване на **голям брой периоди** на изходната характеристика до достигане на стационарния колебателен режим.

Ако времевият интервал на симулацията  $t_{\max}$  е голям, това води до голяма максимална времева стъпка по подразбиране

$$\Delta t_{\text{из, max}} = t_{\max}/50,$$

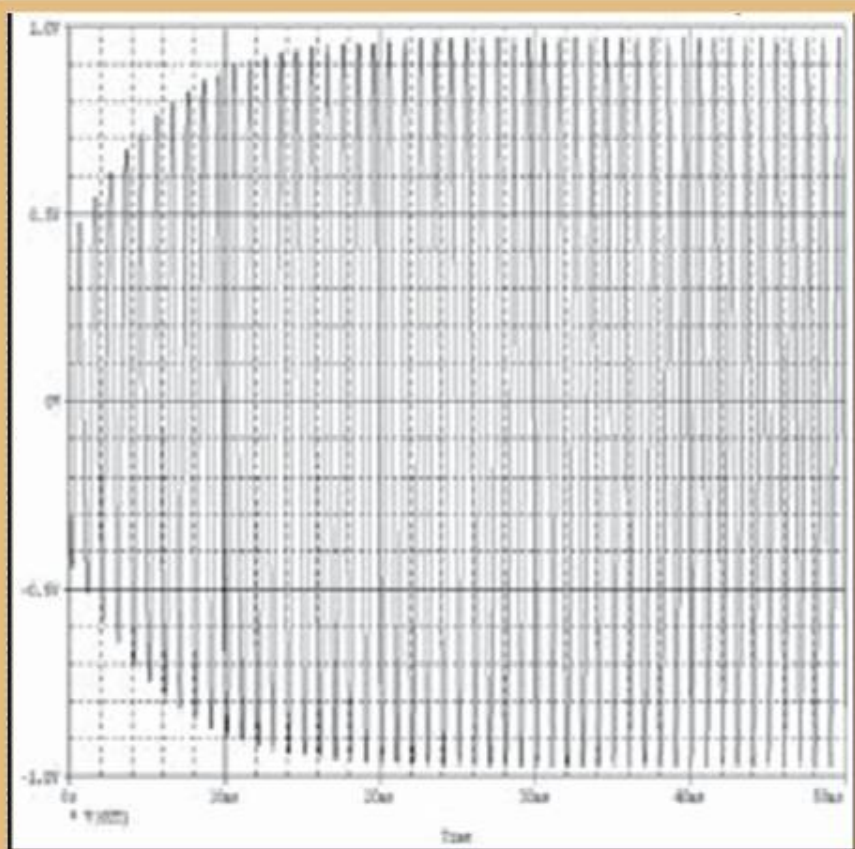
а оттук - до намаляване на точността на симулацията.

При анализ на генераторни схеми е необходимо потребителят да намали тази максимална стъпка чрез настройката **Maximum step size** в менюто за времеви анализ.

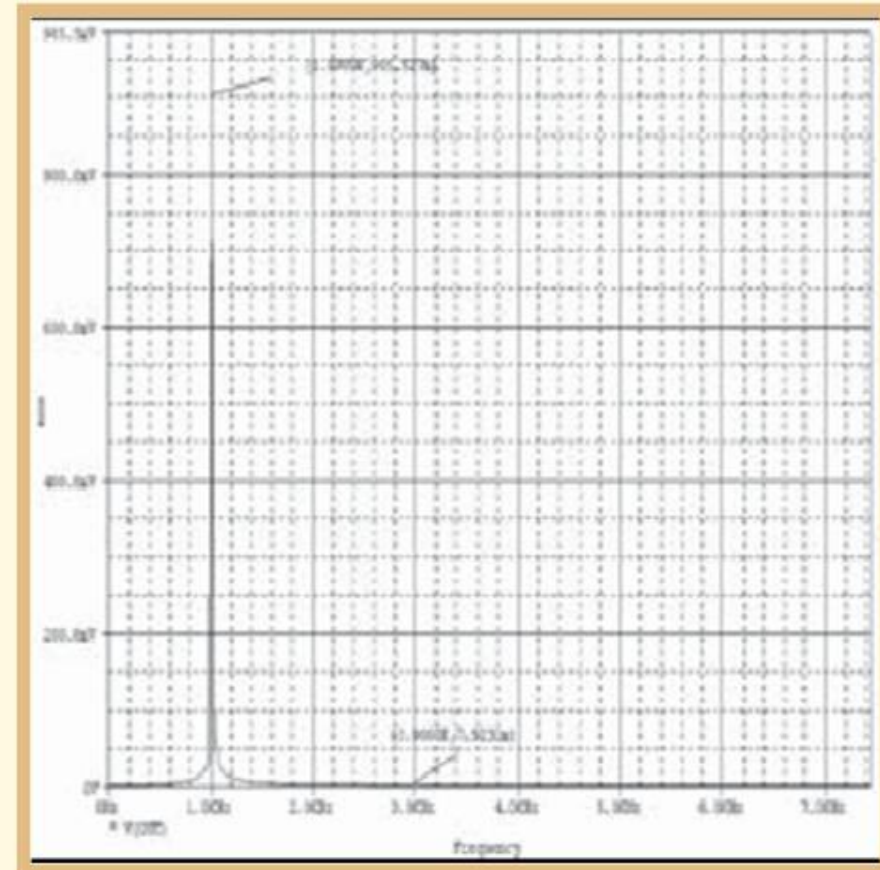
### 3. Спектрален анализ

- ❑ Спектралният анализ се извършва въз основа на резултатите от времевия анализ, като се използва алгоритъм за бързо преобразование на Фурие – **FFT (Fast Fourier Transform)**.
- ❑ Тъй като при генераторни схеми честотата на генерираните сигнали се определя от параметрите на схемата и не е известна преди извършване на анализа, при тези схеми **спектралният анализ на изходните сигнали се извършва след симулацията** в графичния анализатор Probe (FFT)
- ❑ Резултатите от спектралния анализ са в сила ако **процесът е стационарен**. Ако за изследвания интервал от време преходният процес все още не е завършил, това ще доведе до грешка в резултатите от спектралния анализ.

# $u(t)$



# FFT





## 4. Построяване на фазов портрет

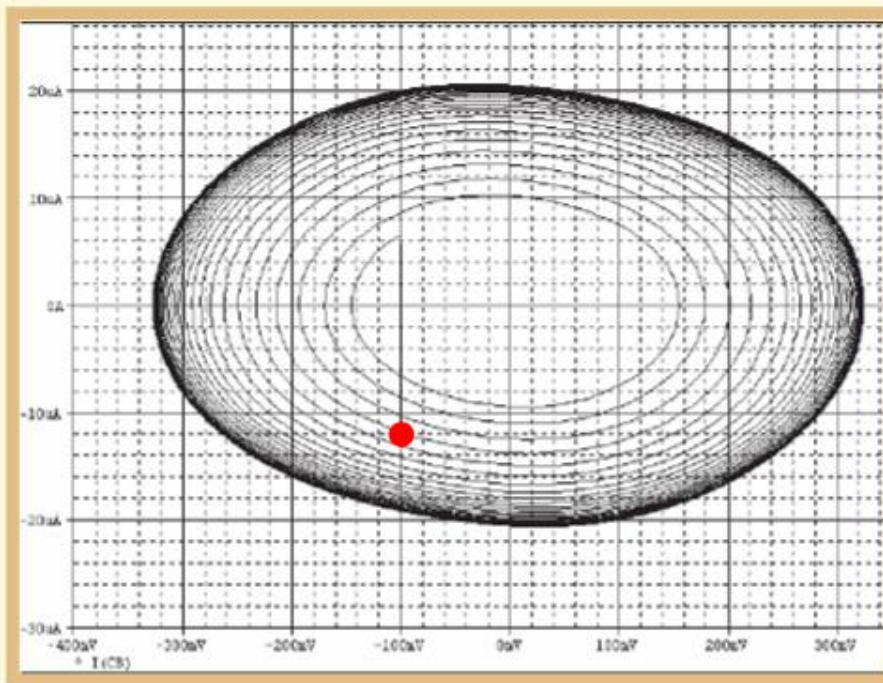
Чрез получените от симулацията изходни характеристики във функция на времето, в Probe може да се построи зависимостта

$$\dot{x} = f(x)$$

(**фазов портрет**) на системата въз основа на компонентното уравнение на някой от реактивните елементи, например  $C_1$ :

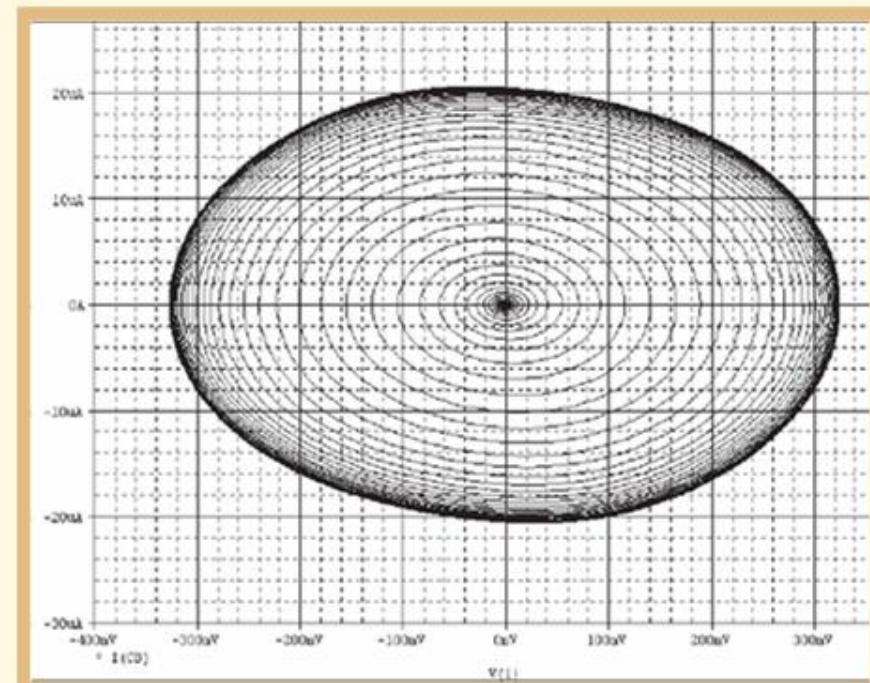
$$i_C(t) = C \frac{du_C(t)}{dt}$$

- По оста  $X$  се разполага величината  $u_{C1}(t)$ , а по оста  $Y$  – величината  $i_{C1}(t)$ .
- На фиг. 6а е показан фазовият портрет на системата при възбуждане с **начални условия**, а на фиг. 6б – при възбуждане със **стартов ток** импулс.



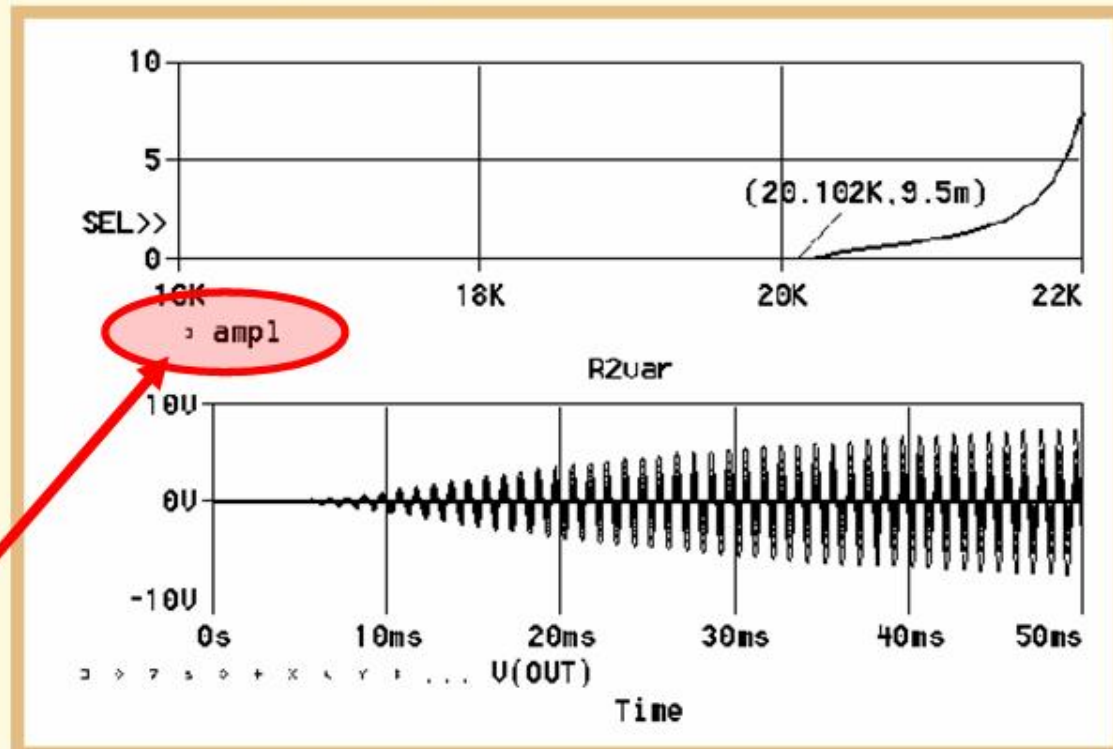
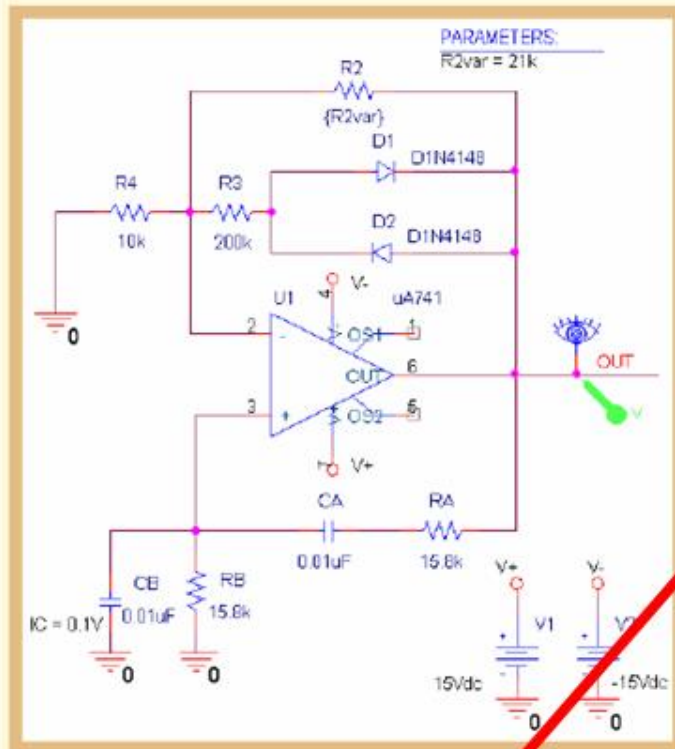
а)

Фиг. 6



б)

# Приложение на параметричен анализ при изследване на условията за възникване на колебания в генераторни схеми



$$\text{ampl} = 0.5 * (\max(V(\text{out})) - \min(V(\text{out})))$$