

 **Технически университет – София**

**Факултет по електронна техника и технологии**

**Катедра „Силова електроника”**

**Презентация № 4**

**Ключови стабилизатори на постоянно напрежение.  
Обратен преобразувател.**

**дисциплина „Токозахранващи устройства” – ВЕ37  
ОКС „Бакалавър” от Учебен план за студентите на специалност  
Електроника, Професионално направление  
5.2. Електротехника, електроника и автоматика**



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

## Съдържание:

- 1) **Схема на ключов стабилизатор на постоянно напрежение - обратен преобразувател (основна схема).**
- 2) **Основни електрически зависимости.**
- 3) **Симулационни изследвания.**



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

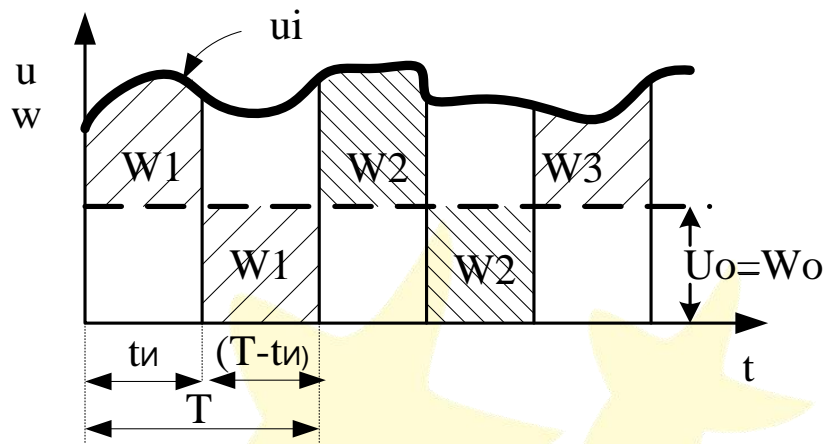
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

## Принцип на действие на ключовите стабилизатори на постоянно напрежение



За времевия интервал  $t_n$ , стабилизаторът консумира енергия от захранващия източник, съхранява я в реактивни елементи (дросел). През времевия интервал  $(T - t_n)$ , не се консумира енергия от захранващия източник, а съхранената в реактивните елементи енергия се отдава в товара. По този начин, като се регулира коефициентът на запълване  $\delta = t_n / T$  се стабилизира изходното напрежение.

При ключовите стабилизатори, регулиращият елемент (транзисторът) работи в ключов режим. Загубите в него са от пада на напрежение върху него при включено състояние и от превключване. Поради това, ключовите стабилизатори са с висок коефициент на полезно действие. При някои стабилизатори, коефициентът на полезно действие  $\eta > 97\%$ .



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

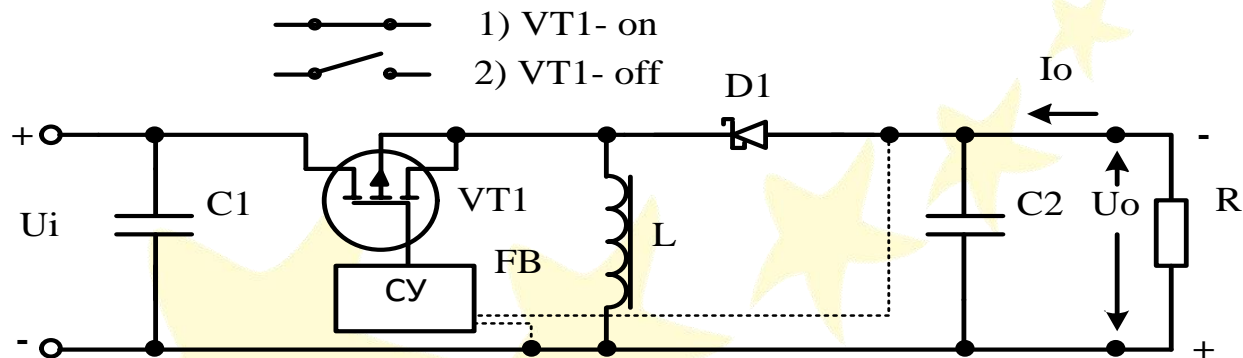
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# 1) Схема на ключов стабилизатор на постоянно напрежение - преобразувател (основна схема)

обратен



**VT1** – Транзистор, работещ в ключов режим. Може да се представи като идеален ключ с две състояния:

- наситено състояние (затворен ключ VT1-on);
- запушен транзистор (отворен ключ VT1-off).

**CU** – Система за управление. Системата за управление определя времето, през което ключът е затворен и периода на превключване на ключа.

**FB** – Обратна връзка по напрежение.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

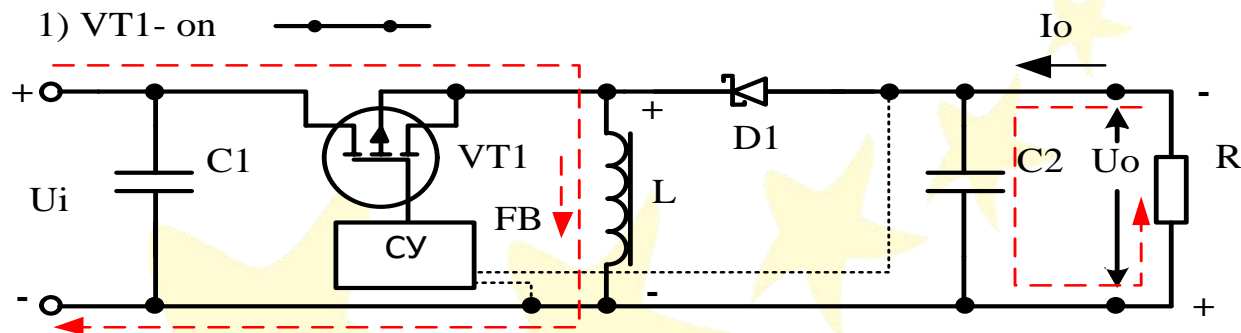
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Контур на предаване на енергията при затворен ключ (VT1-on)



**VT1 – on:** При затворен ключ се консумира енергия от захранващият източник, натрупва се в дросела  $L$ , а съхранената в кондензатора  $C2$  енергия от предходния интервал се отдава в товара. Поради това, че при затворен ключ се натрупва, а после се отдава - схемата е обратен преобразувател.

$U_i$  – Входно постоянно напрежение.

$U_0$  – Изходно постоянно напрежение.

$I_0$  – Товарен ток.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

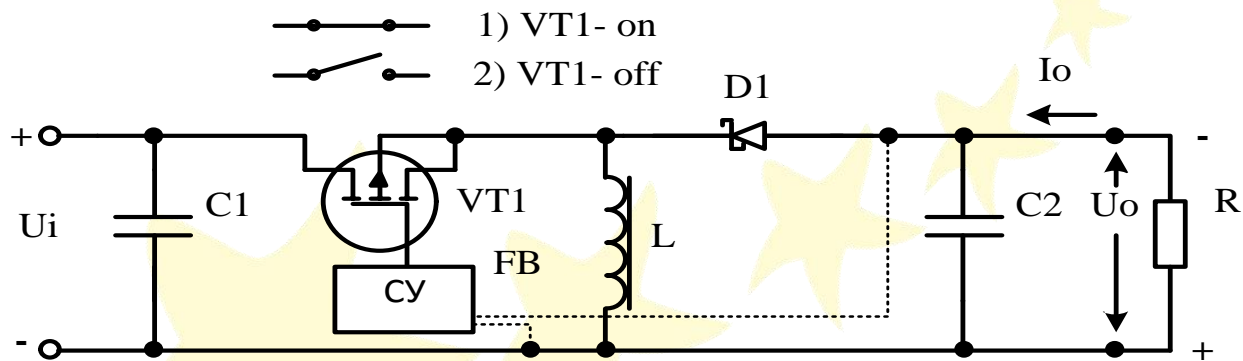
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## Контур на предаване на енергията при отворен ключ (VT1-off)



**VT1 – off:** При запушване на транзистора, тъй като тока през дросела  $L$  не може да се промени със скок, се създава противоелектродвижещо напрежение, отбелязано с поляритет със скоби. Диодът  $D1$  се отпушва и протича ток в контура  $L$ - $R$ - $D1$ , като в същото време се зарежда и кондензатора  $C2$ .



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Времедиаграми, поясняващи принципа на действие на стабилизатора

Времедиаграмите, поясняващи принципа на действие, ще бъдат построени в установен режим и при допускане, че елементите в схемата са идеални :

- Транзисторът се разглежда като идеален ключ с две състояния включено и изключено;
- Падът на напрежение върху транзистора е нула;
- Падът на напрежение върху диода е нула;
- Товарът е активен;
- Импедансът на кондензаторите за променливата съставка е безкрайно малък;
- Дроселът няма активно съпротивление;

Времедиаграмите, поясняващи принципа на действие, ще бъдат построени на обща координатна система.



Европейски съюз

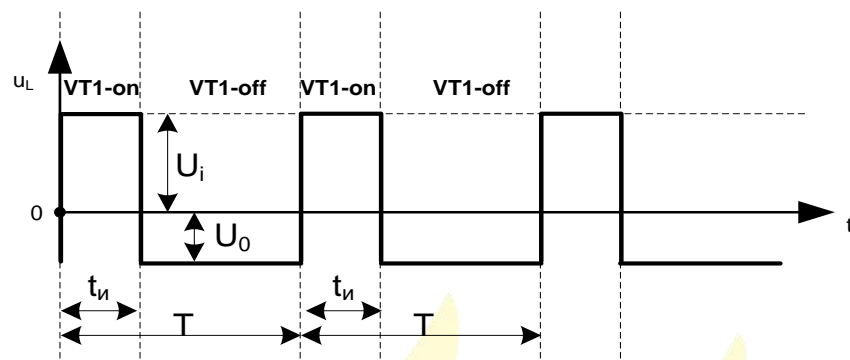
**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**

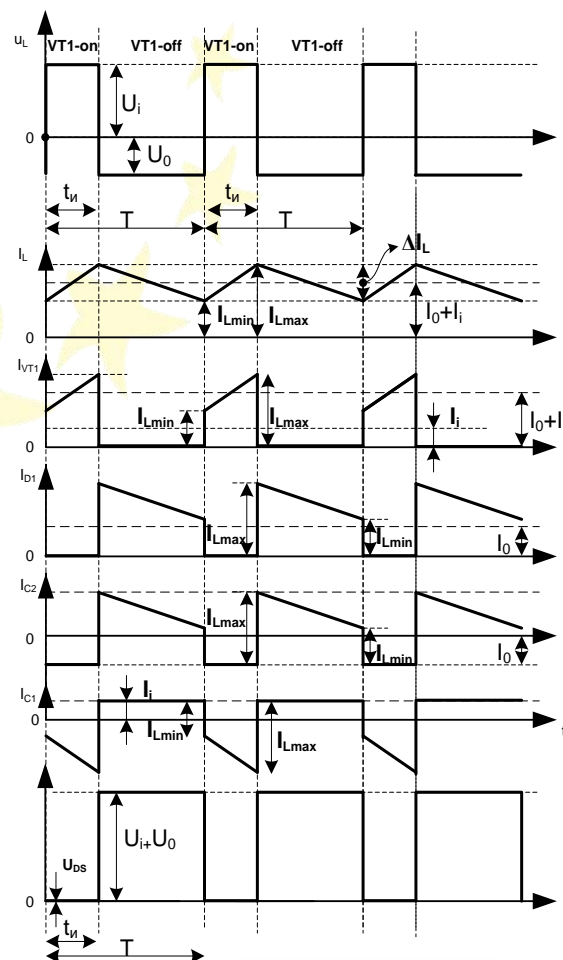


# Времедиаграми, поясняващи принципа на действие на стабилизатора



$u_L$  – Напрежение върху дросела L.

През времевия интервал  $t_{и}$ , когато транзисторът провежда, върху дросела се прилага входното напрежение  $U_i$ . Когато транзисторът е запушен, тогава диода провежда и напрежението върху дросела е изходното напрежение  $U_0$ .



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

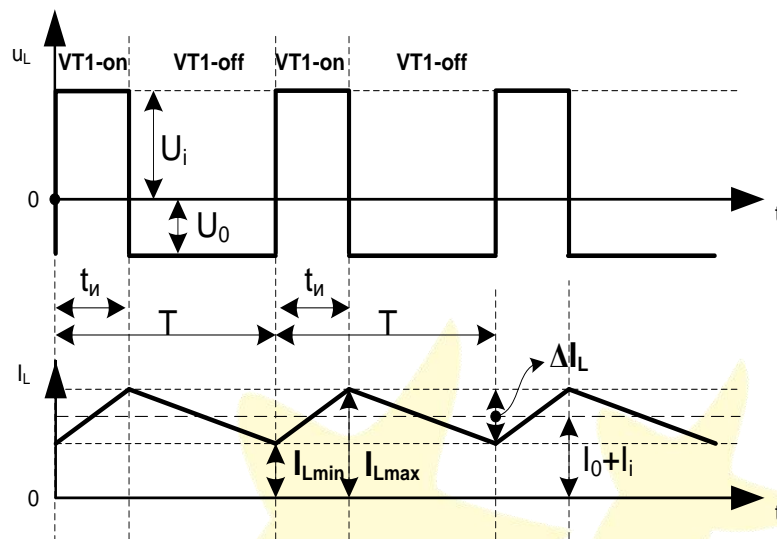
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд





$i_L$  – Ток през дросела L.

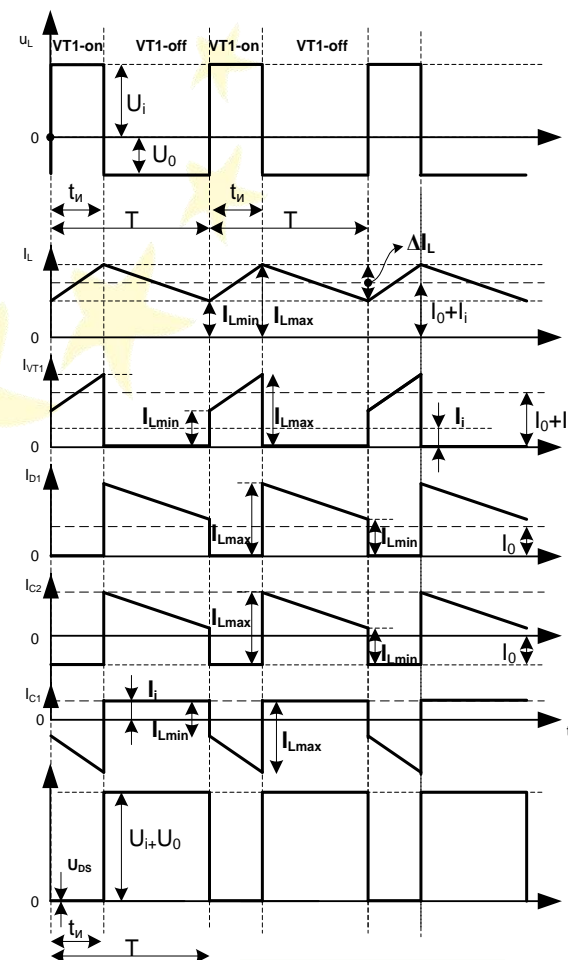
$I_0$  – Средна стойност на тока през товара.

$I_{Lmin}$  – Минимална стойност на тока през дросела L.

$I_{Lmax}$  – Максимална стойност на тока през дросела L.

$\Delta I_L$  – Размах на пулсациите на тока през дросела.

През времевия интервал  $t_{on}$ , когато транзисторът провежда, токът през дросела нараства. Когато транзисторът е запушен, токът през дросела намалява.



Европейски съюз

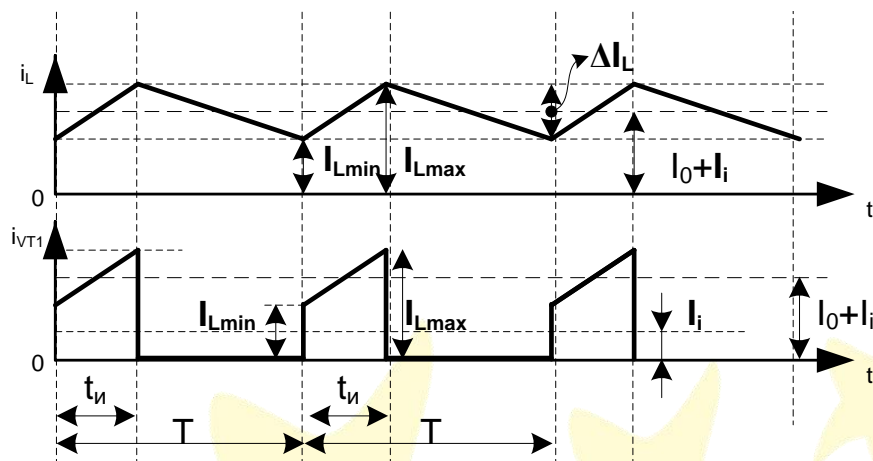
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*

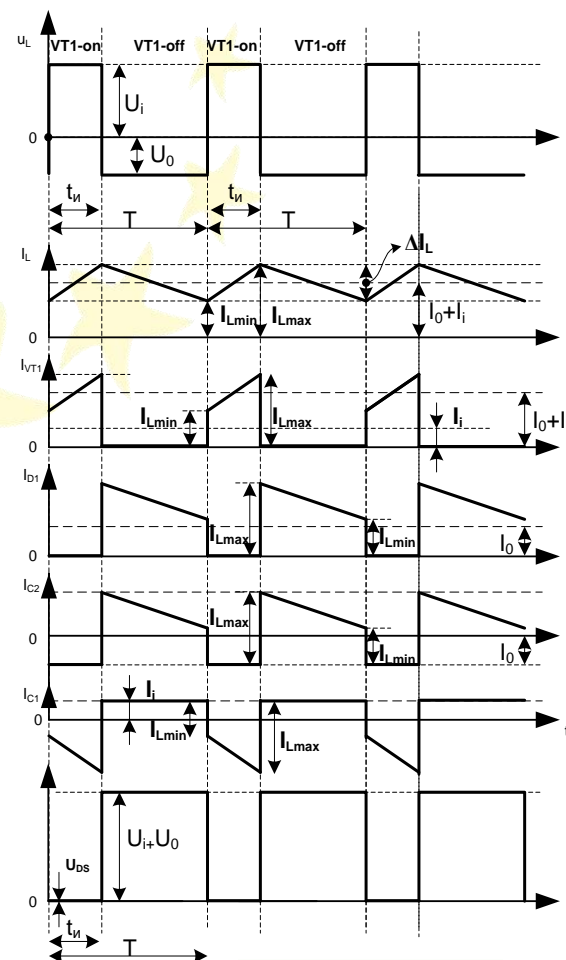


Европейски социален фонд



$i_{VT1}$  – Ток през транзистора VT1.

През времевия интервал  $t_{и}$ , когато транзисторът провежда, токът през дросела е токът през транзистора. Когато транзисторът е запущен, токът през него е практически нула.



Европейски съюз

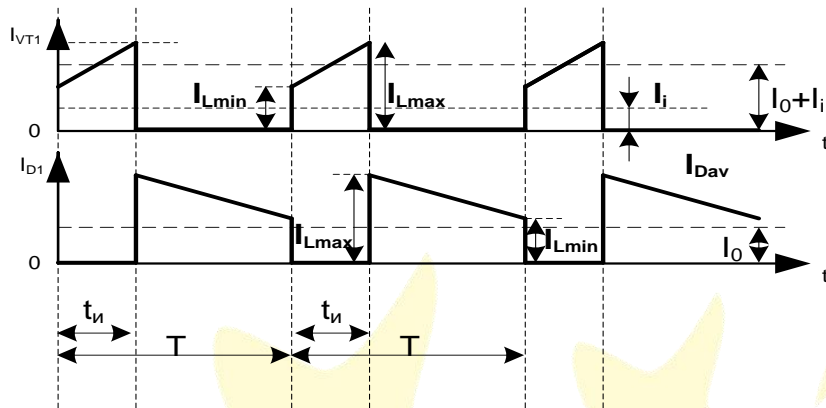
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



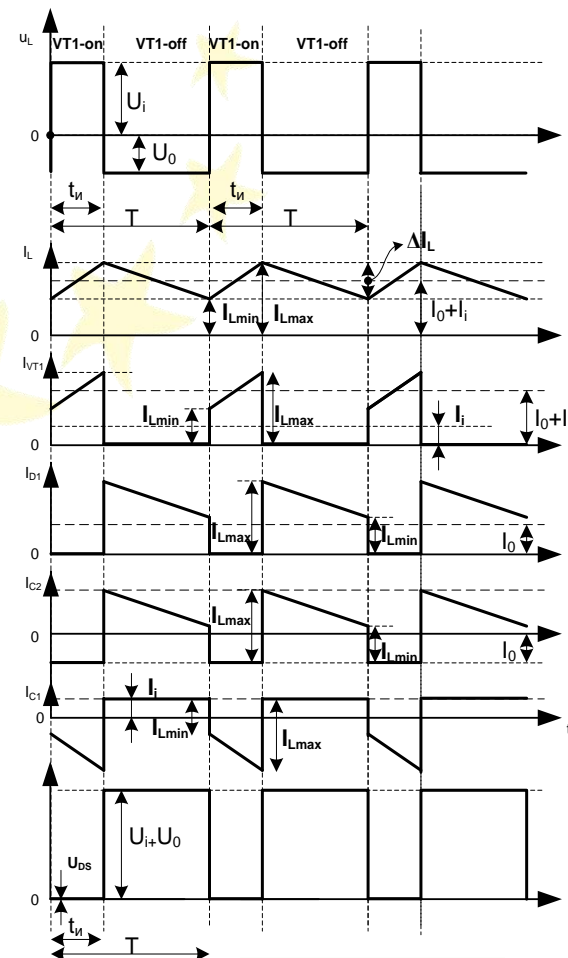
Европейски социален фонд



$i_{VT1}$  – Ток през транзистора VT1.

$i_{D1}$  – Ток през диода D1.

През времевия интервал  $t_{и}$ , когато транзисторът провежда, диодът е запушен и токът през него е нула. Когато транзисторът е запушен, токът през дросела е токът през диода.



Европейски съюз

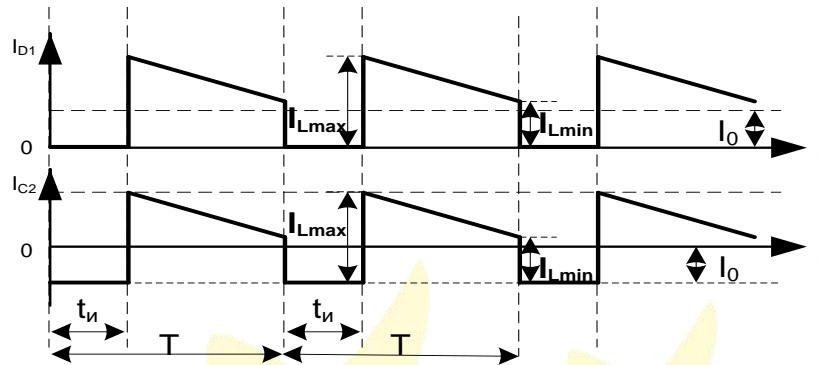
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



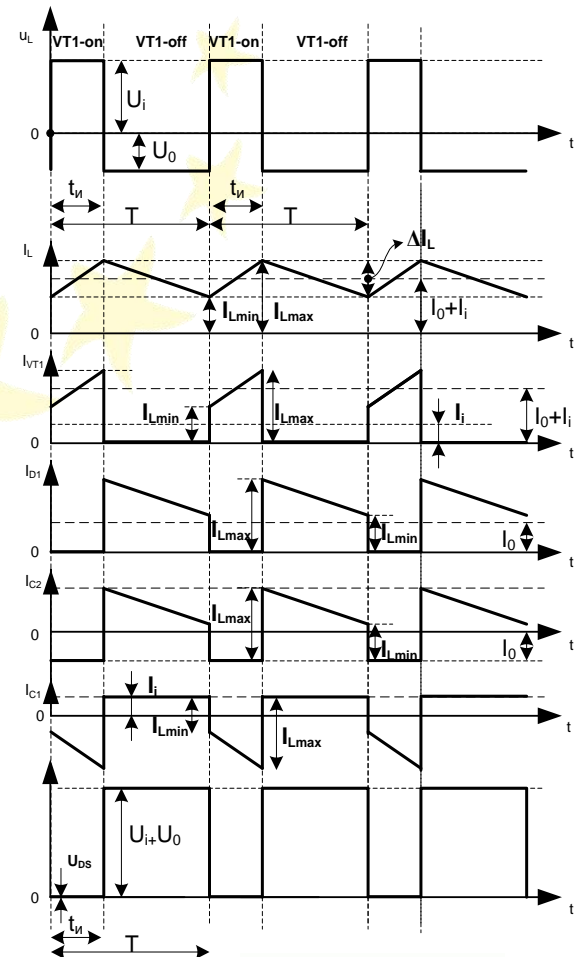
Европейски социален фонд



$i_{D1}$  – Ток през диода D1.

$i_{C2}$  – Ток през кондензатора C2.

Токът през кондензатора е токът през диода, отместен на средната стойност на тока през товара  $I_0$ .



Европейски съюз

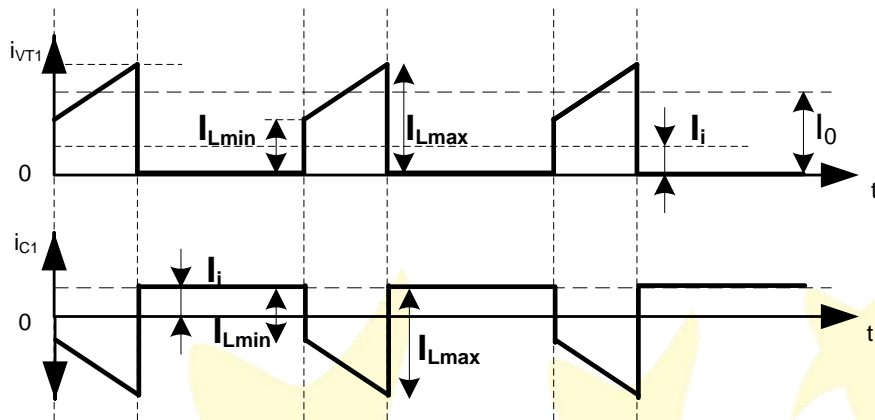
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



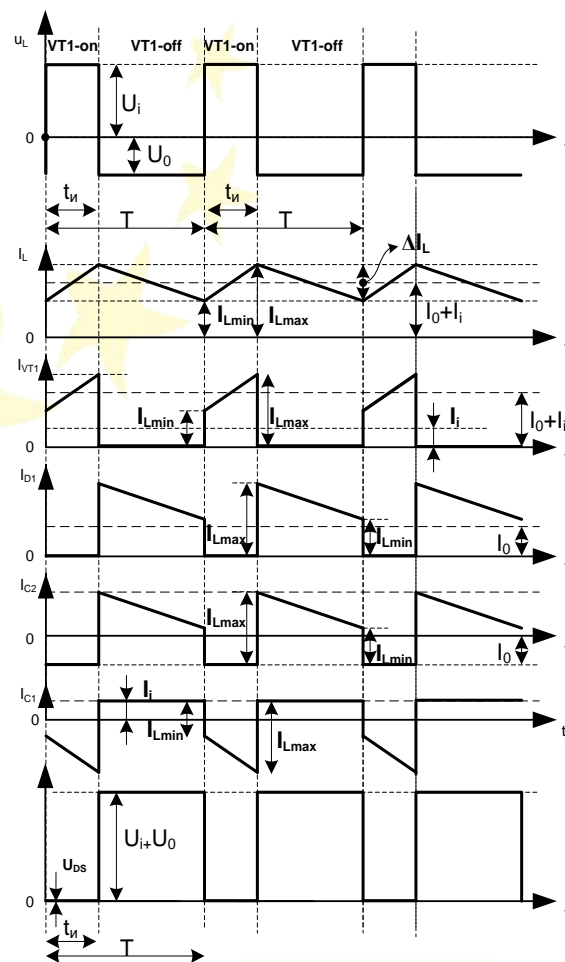
Европейски социален фонд



$\bar{I}_i$  – Средна стойност на консумирания от захранващия източник ток.

$i_{C1}$  – Ток през кондензатора C1.

Токът през кондензатора C1 графично се получава от тока през транзистора, като се обърне и отмести от абцисната ос на средната стойност на консумирания от захранващия източник ток  $\bar{I}_i$ .



Европейски съюз

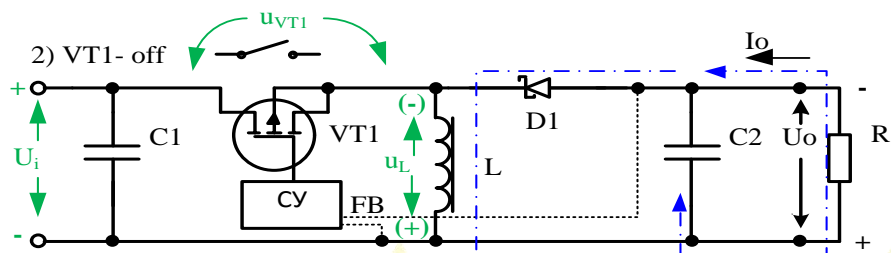
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

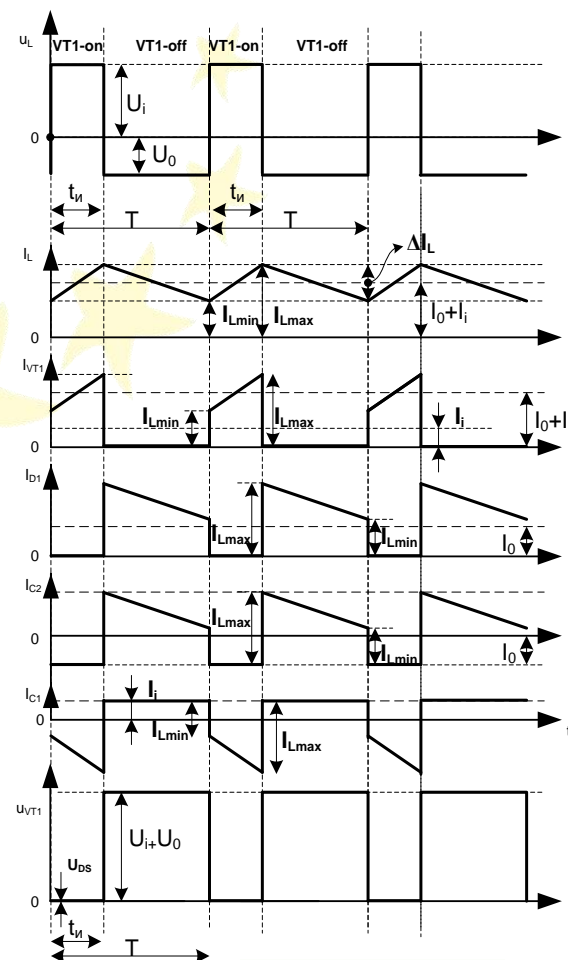
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



$u_L$  – Напрежение върху дросела.  
 $u_{VT1}$  – Напрежение върху транзистора.



Европейски съюз

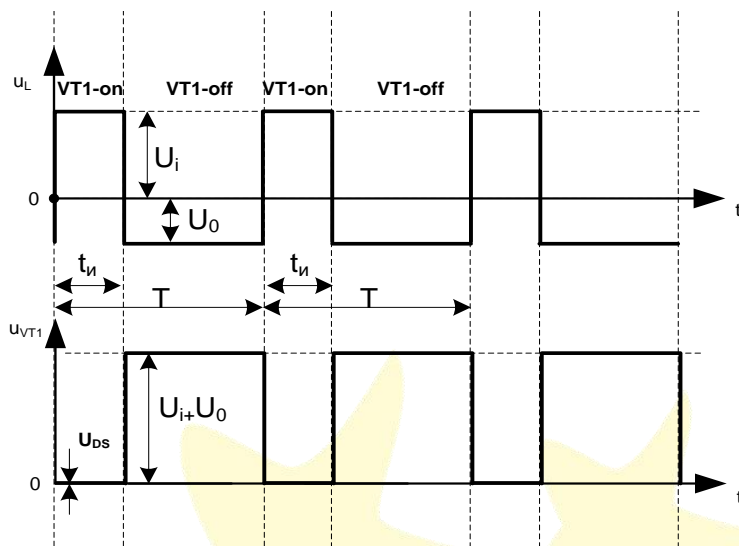
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



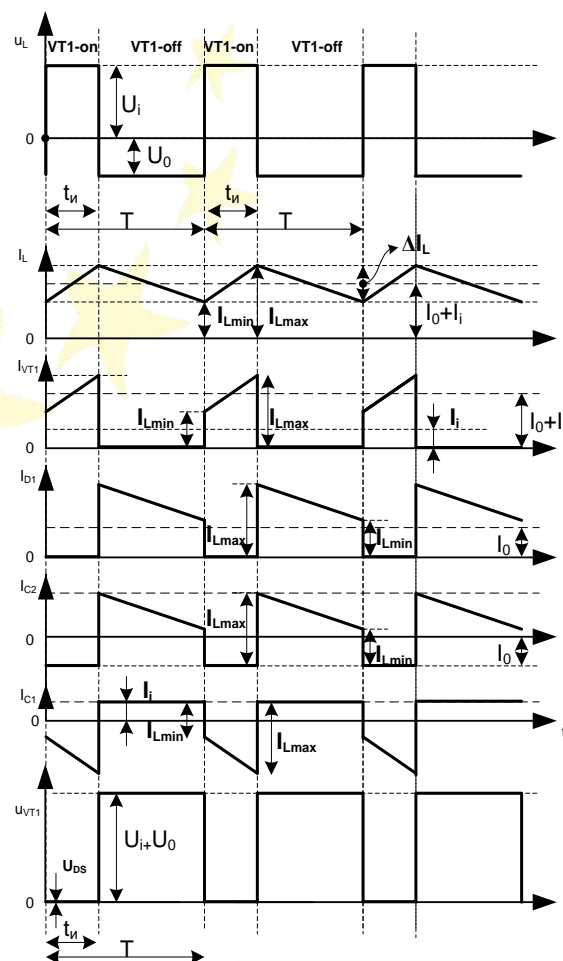
Европейски социален фонд



$u_L$  – Напрежение върху дросела.

$u_{VT1}$  – Напрежение върху транзистора.

През времевия интервал  $t_i$ , когато транзисторът провежда, напрежението върху него е приблизително нула. Когато транзисторът е запушен, тогава диодът провежда и върху транзистора се прилага сумата от входното напрежение  $U_i$  и изходното напрежение  $U_0$ .



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

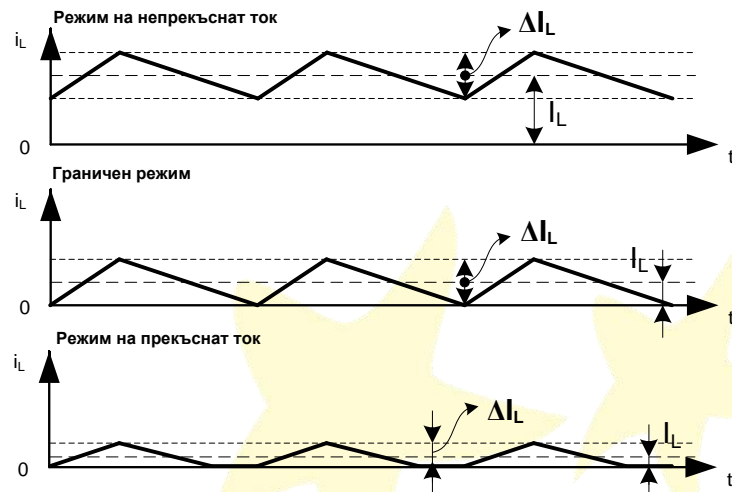
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Режими на работа на ключовия стабилизатор



Форма на тока през дросела  $L$  в три режима:

- Режим на непрекъснат ток
- Граничен режим
- Режим на прекъснат ток

Основните електрически зависимости ще бъдат дадени за режим на непрекъснат ток.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



## 2) Основни електрически зависимости

Средните стойност на напрежението върху дросела при включен и изключен транзистор  $U_{on}$  и  $U_{off}$  са равни:

$$U_{on} = \frac{1}{T} \int_0^{t_u} U_i dt = \frac{t_u}{T} U_i = \delta U_i \quad \delta = \frac{t_u}{T} \quad \text{- Коефициент на запълване}$$

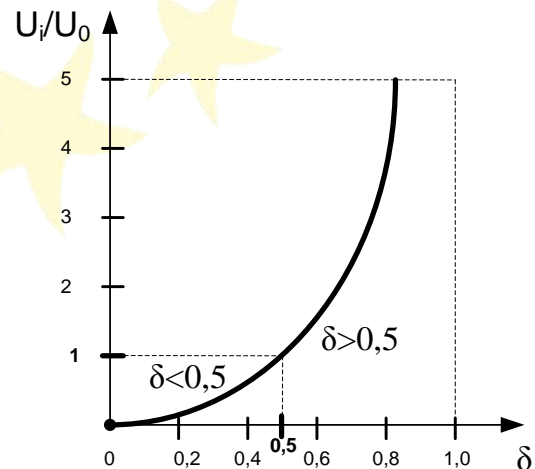
$$U_{off} = \frac{1}{T} \int_{t_u}^T U_0 dt = \frac{T - t_u}{T} U_0 = (1 - \delta) U_0$$

$$U_{on} = U_{off} \Rightarrow \delta U_i = (1 - \delta) U_0$$

Регулировъчна характеристика:

$$\frac{U_0}{U_i} = \frac{\delta}{1 - \delta}$$

От регулировъчната характеристика се вижда, че обратният преобразувател при  $\delta < 0,5$  работи като понижаващ преобразувател, а при  $\delta > 0,5$  работи като повишаващ преобразувател. Следователно изходното напрежение може да бъде по-високо или по-ниско от входното.



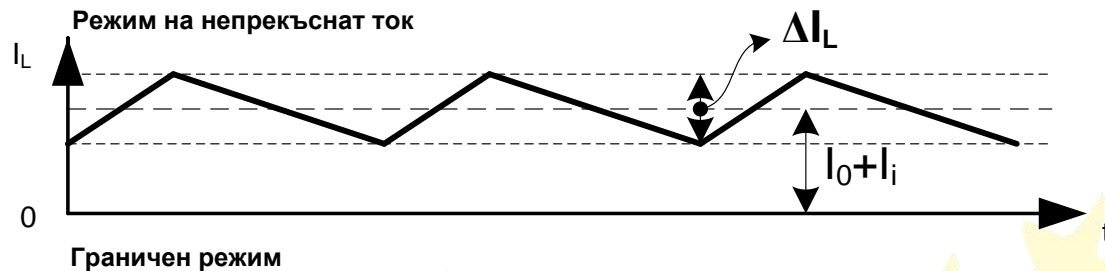
Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*





Условия за избор на  $\Delta I_L$ :

$$I_L = I_0 + I_i$$

- 1)  $\Delta I_L \leq 2I_{L\min}$  - условие за осигуряване на режим на непрекъснат ток;
- 2)  $\Delta I_L \geq 0,1I_{L\max}$  - условие за технологичност на изделието;
- 3)  $\Delta I_L \leq 0,5I_{L\max}$  - условие за технологичност на изделието;



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

Определяне на стойността на индуктивността на дросела L:

$$L \frac{di}{dt} = e_L$$

$$L = \frac{e_L dt}{di}$$

$$L = \frac{U_L \Delta t}{\Delta i}$$

Ако времето  $\Delta t$  се замени с времето, през което транзисторът VT1 е запушен, т.е.

$$\Delta t = t_{off} = T - t_u = T(1 - \delta) = \frac{(1 - \delta)}{f} \quad \text{и в този интервал от време } U_L = U_o$$

За индуктивността на дросела се получава:

$$L = \frac{U_o(1 - \delta)}{\Delta I_L f}, [H]$$

При проектирането е необходимо да се има предвид, че за коефициента  $\delta$  трябва да се вземе минималният коефициент на запълване.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Минималната и максималната стойност на тока през дросела са:

$$I_{L\min} = (I_i + I_0) - 0,5\Delta I_L \quad I_{L\max} = (I_i + I_0) + 0,5\Delta I_L$$

Определяне на токовете и напреженията на транзистора:

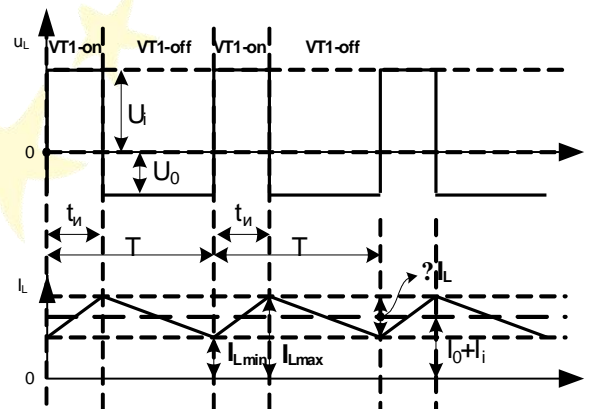
Токът през транзистора има следните гранични стойности:

$$I_{(VT1)\max} = I_{L\max} = I_L + 0,5\Delta I_L \quad \text{-максимален ток през транзистора}$$

$$I_{(VT1)\min} = I_{L\min} = I_L - 0,5\Delta I_L \quad \text{-минимален ток през транзистора}$$

$$I_{av(VT1)} = I_i = \frac{1}{T} \int_0^{tu} i_i dt = \frac{\delta}{1-\delta} I_0 \quad \text{- среден ток през транзистора}$$

$$U_{DS(VT1)\max} = U_i + U_0 \quad \text{-максимално напрежение върху транзистора}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Определяне на токовете и напреженията на диода :

При идеални елементи входната и изходната мощност са свързани със следната зависимост:

$$P_i = P_0 \quad U_i I_i = U_0 I_0$$

$$I_{(D1)\max} = I_{L\max} = I_L + 0,5\Delta I_L \quad \text{- максимален ток през диода D1;}$$

$$I_{(D1)\min} = I_{L\min} = I_L - 0,5\Delta I_L \quad \text{-минимален ток през диода D1;}$$

$$I_{(D1)av} = I_0 \quad \text{-среден ток през диода D1;}$$

$$U_{(D1)\max} = U_i + U_0 \quad \text{-максимално напрежение върху диода}$$



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Токът през кондензаторите C1 и C2 :

$$I_{C1\text{разрмин}} = I_{(VT1)\text{min}} - I_i = I_0 - 0,5\Delta I_L$$

$$I_{C1\text{разрmax}} = I_{(VT1)\text{max}} - I_i = I_0 + 0,5\Delta I_L$$

$$I_{C1\text{зар}} = I_i = I_0 \frac{\delta}{1-\delta}$$

$$I_{C2\text{зар}} = I_i = I_0 \frac{\delta}{1-\delta}$$

Определяне на капацитета на кондензаторите C1 и C2 :

$$C_1 = \frac{I_0}{4 \cdot f \cdot \Delta u_i}, [F] \quad , \text{ където } \Delta u_i \text{ е размахът на пулсациите на входното напрежение .}$$

$$C_2 = \frac{I_0}{4 \cdot f \cdot \Delta u_0}, [F] \quad , \text{ където } \Delta u_0 \text{ е размахът на пулсациите на изходното напрежение .}$$



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”**

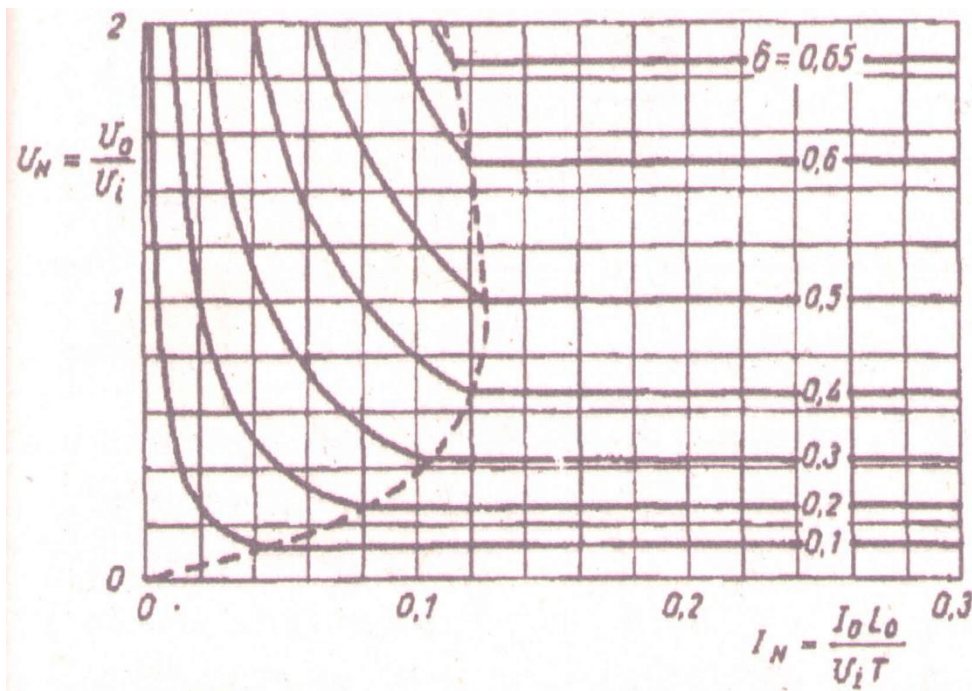
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Товарни характеристики на обратния преобразувател при различен коефициент на запълване  $\delta$ .

Характеристиките в ляво от пунктираната линия са при режим на прекъснат ток, а в дясно от тази линия в режим на непрекъснат ток.



$$I_N = \frac{LI_0}{U_i T} = \frac{(1-\delta)\delta}{2}$$

$$U_N = \frac{U_0}{U_i} = \frac{\delta}{1-\delta}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

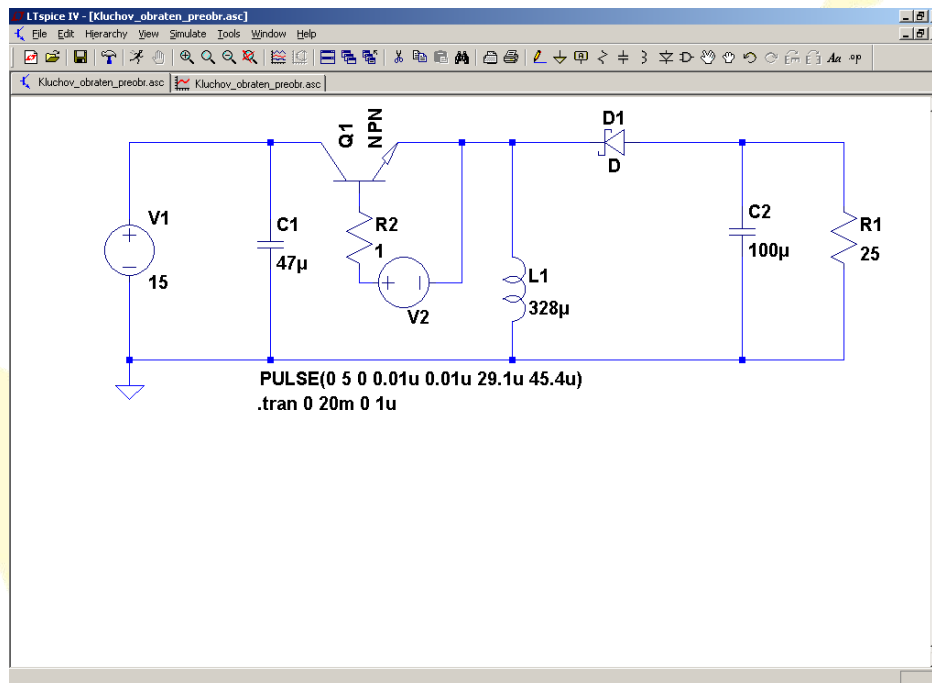
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

### 3) Симулационни изследвания на ключов стабилизатор



Изследването на стабилизатора на напрежение да се извърши симулационно със специализиран софтуер SwCADIV.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”**

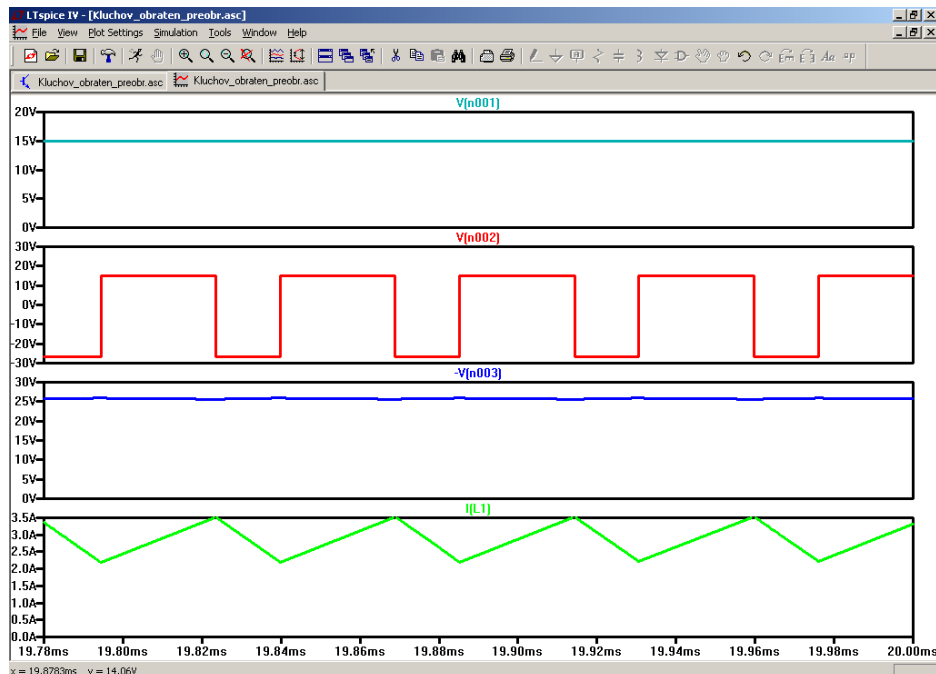
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд



# Симуляционни изследвания на ключов стабилизатор при входно напрежение $U_i=15V$ , $U_o=25V$



- $V(n001)$  – Входно напрежение на ключовия стабилизатор;
- $V(n002)$  – Напрежение върху дросела L1;
- $V(n003)$  – Изходно напрежение на ключовия стабилизатор (напрежение върху товара).;
- $I(L1)$  – Ток през дросела L;

Резултати от симуляционно изследване на стабилизатора със специализиран софтуер SwCADIV.



Европейски съюз

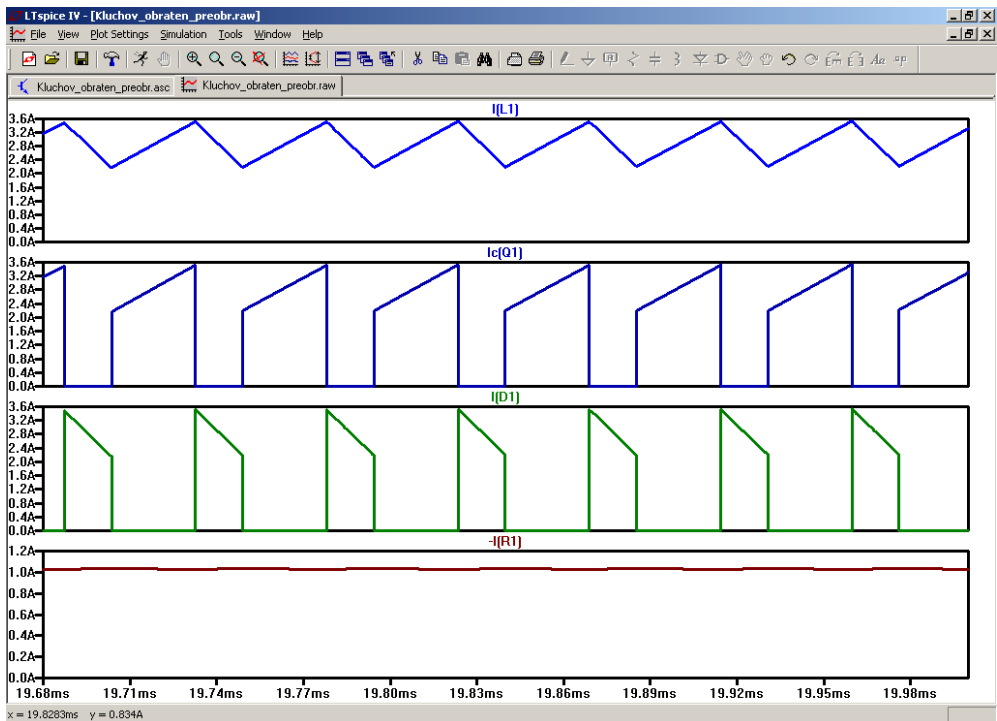
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



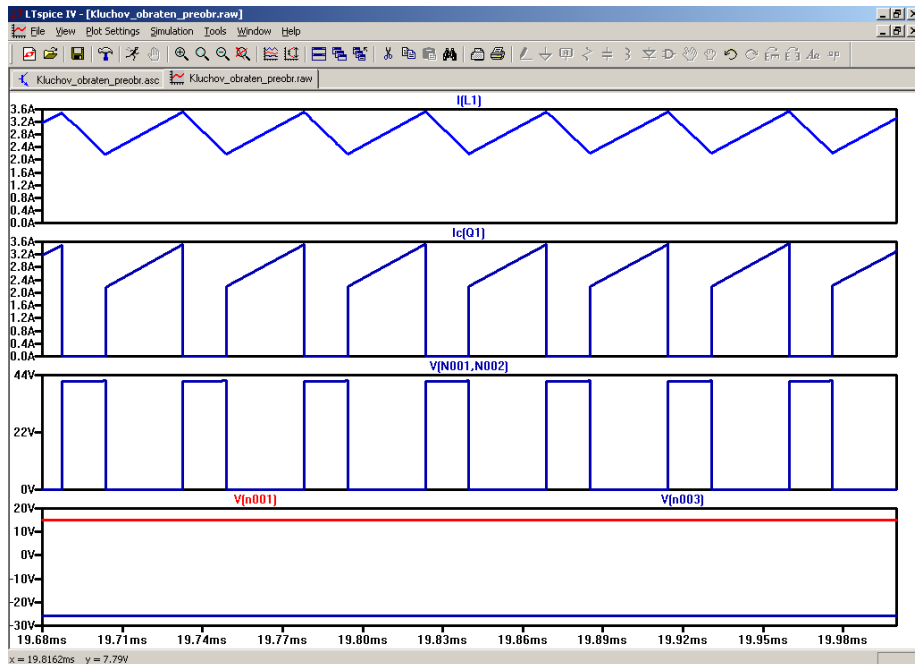
- I(L1) – Ток през дросела L1.
- Ic(Q1) – Ток през транзистора Q1.
- I(D1) – Ток през диода D1.
- I(R1) – Ток през товара R1.

Резултати от симулационно изследване на стабилизатора със специализиран софтуер SwCADIV.



**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**  
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**





**I(L1)** – Ток през дросела L1.

**Ic(Q1)** – Ток през транзистора Q1.

**V(N001,N002)** – Напрежение на върху транзистора Q1.

На четвъртата времедиаграма са показани:

**V(n001)** – Входно напрежение на

ключовия стабилизатор;

**V(n003)** – Изходно напрежение на ключовия стабилизатор (напрежение върху товара).;

Разликата между тях формира напрежението върху транзистора Q1.

Резултати от симулационно изследване на стабилизатора със специализиран софтуер SwCADIV.



Европейски съюз

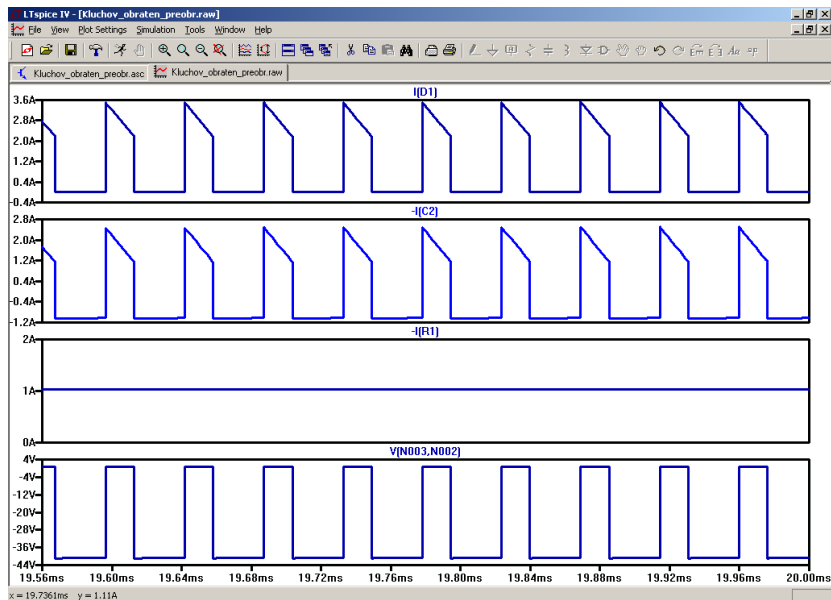
**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



**I(D1)** – Ток през диода D1.  
**I(C2)** – Ток през кондензатора C2.  
**I(R1)** – Ток през товара R1.  
**V(N003,N002)** – Напрежение върху диода D1 (анод-катод).

Резултати от симулационно изследване на стабилизатора със специализиран софтуер SwCADIV.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

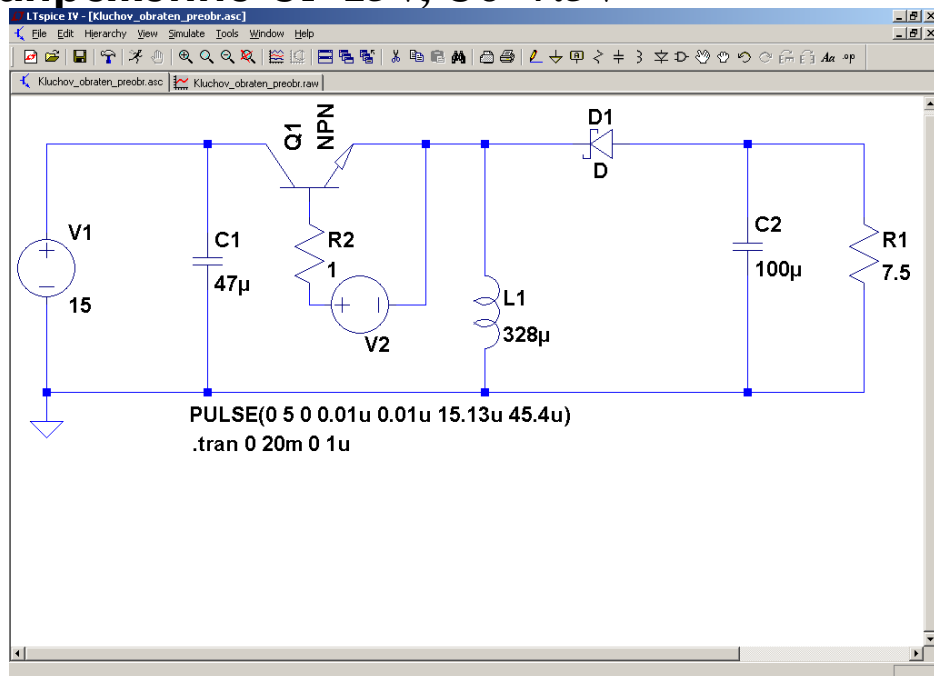
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

### 3) Симуляционни изследвания на ключов стабилизатор при входно напрежение $U_i=15V$ , $U_o=7.5V$



Резултати от симуляционно изследване на стабилизатора със специализиран софтуер SwCADIV.



Европейски съюз

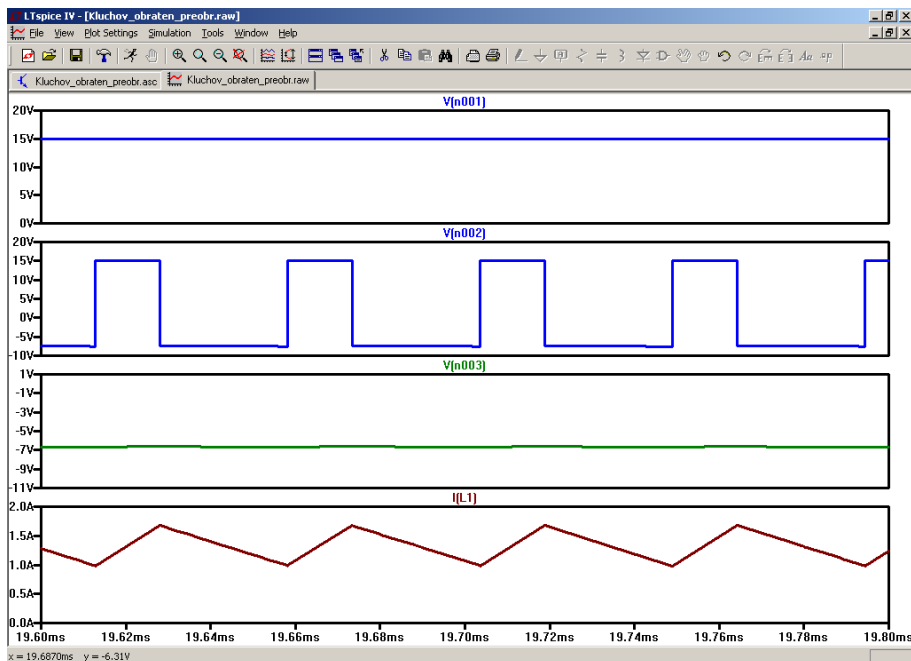
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



**V(n001)** – Входно напрежение на ключовия стабилизатор;

**V(n002)** – Напрежение върху дросела L1;

**V(n003)** – Изходно напрежение на ключовия стабилизатор (напрежение върху товара).;

**I(L1)** – Ток през дросела L1.

Резултати от симулационно изследване на стабилизатора със специализиран софтуер SwCADIV.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## ОСНОВНА ЛИТЕРАТУРА

1. Стефанов Н., “Токозахранващи устройства”, Техника, С., 2005.
2. Стефанов Н., Д. Дечев, “Ръководство за лабораторни упражнения по ТЗУ”, Печатна база ТУ-София, 1994.
3. Стефанов Н., “Ръководство за проектиране на ТЗУ”, Печатна база ТУ-София, 1994.
4. [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com) “Switch Mode Power Supply” – Reference manual 2002.
5. [www.linear.com](http://www.linear.com)



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

***„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”***

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
***Инвестира във вашето бъдеще!***



Европейски социален фонд