

## Изглаждащи филтри

**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

- Пасивни филтри
  - Капацитивен филтър
  - Индуктивен филтър
  - Г-образен LC филтър
  - П-образен CLC филтър
  - Г-образен RC филтър
  - П-образен CRC филтър
  - Филтър с акумулаторна батерия
- Активни филтри
  - Филтри с последователно свързан транзистор
    - Филтър с емитерен товар
    - Филтър с колекторен товар
  - Филтри с паралелно включен транзистор
    - Филтри с управление от входа
    - Филтри с управление от изхода



Европейски съюз

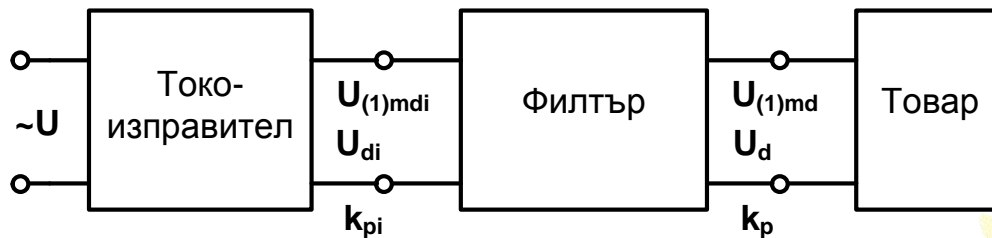
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„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



**Блокова схема**

Изходното напрежение на токоизправителите освен постоянната съставка съдържа и променлива съставка в резултат на пулсациите на изправеното напрежение. Тяхното съотношение се характеризира с коефициента на пулсации:

$$k_p = \frac{U_{(1)md}}{U_d},$$

където  $U_{(1)md}$  е амплитудата на първия хармоник на променливата съставка на напрежението;  
 $U_d$  - неговата постоянна съставка.

Коефициентът на пулсации на изходното напрежение зависи от схемата на токоизправителя и характера на товара му. Най-малки стойности на  $k_p$  се постигат при работа с капацитивен товар, а също и при многофазни схеми на токоизправители. Но и при тях е необходимо да се намали  $k_p$  до величина, зависеща от изискванията на товара, т.е. да се изглади пулсиращото напрежение. Това се извършва с изглаждащ филтър, включен между токоизправителя и товара



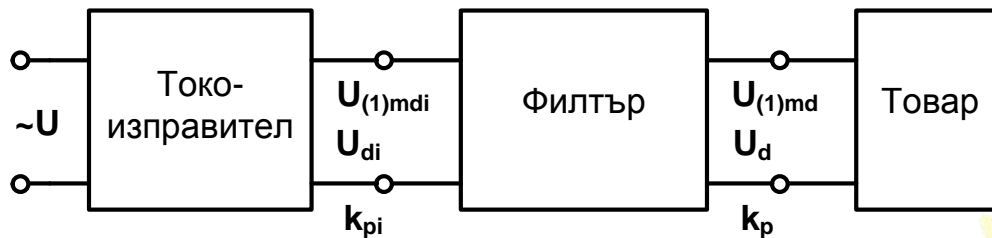
Европейски съюз

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!*





**Блокова схема**

### Коефициент на пулсации $k_p$

където  $U_{(1)md}$  е амплитудата на първия хармоник на променливата съставка на напрежението;  
 $U_d$  - неговата постоянна съставка.

$$k_p = \frac{U_{(1)md}}{U_d}$$

### Коефициент на изглаждане $k_s$

$$k_s = \frac{k_{pi}}{k_p} = \frac{U_{(1)mdi}}{U_{(1)md}} \cdot \frac{U_d}{U_{di}}$$

### Коефициент на филтрация $k_f$

$$k_f = \frac{U_{(1)mdi}}{U_{(1)md}}$$



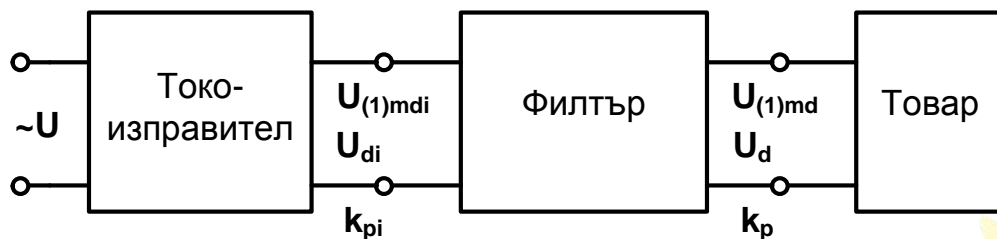
Европейски съюз

**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!**





**Блокова схема**

### **Коефициент на предаване на постоянната съставка**

$$\lambda = \frac{U_{di}}{U_d}$$

### **Коефициент на полезно действие $\eta$**

$$\eta = \frac{P_d}{P_{di}} = \frac{U_d}{U_{di}} \cdot \frac{I_d}{I_{di}}$$

където  $I_d$  и  $I_{di}$  са постоянните съставки на тока на изхода и на тока на входа на филтъра.

### **Общи изисквания към изглаждащите филтри:**

- филтърът трябва да осигурява необходимия коефициент на изглаждане;
- падът на напрежение на постоянната съставка върху филтъра да е минимален;
- филтърът да е с минимални размери, маса и обем.



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 ВЪВЕДЕНИЕ

Изходното напрежение на всеки токоизправител е пулсиращо и освен постоянната съставка съдържа още ред хармонични. С изглаждащите филтри се намалява променливата съставка до предварително зададена стойност.

За да се конструира един изглаждащ филтър трябва да се знае хармоничния състав на изправеното напрежение, подавано на входа на филтъра и параметрите на напрежението след филтъра. При р-фазен еднополупериоден токоизправител честотата на първия хармоник е  $f_{(1)} = p \cdot f$ , а при р-фазен мостов  $f_{(1)M} = 2 \cdot p \cdot f$

## - Коефициент на пулсации:

Отношението между амплитудата на първия хармоник на изправеното напрежение към постоянната съставка на същото напрежение:

$$k_p = \frac{U_{(1)m}}{U_d}$$



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

Стойността на постоянната съставка  $U_d$  е определена от заданието за проектиране на токоизправителя. За определяне на амплитудата на променливата съставка се прави хармоничен анализ на изправеното напрежение.

$$U_{(1)m} = \frac{2}{\gamma} \int_{-\gamma}^{+\gamma} U_{2m} \cdot \cos \theta \cdot \cos p\theta \cdot d\theta = \frac{2p \cdot U_{2m}}{2 \cdot \pi} \int_{-\frac{\pi}{p}}^{+\frac{\pi}{p}} \cos \theta \cdot \cos p\theta \cdot d\theta = \frac{2U_d}{p^2 - 1}$$

При мостовите токоизправители е необходимо да се вземе удвоеният брой на фазите т.е.

$$U_{M(1)m} = \frac{2U_d}{(2p)^2 - 1}$$



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!**



За коефициента на пулсации на първия хармоник се получава:

- за еднофазна еднополупериодна схема

$$k_p = 1,57$$

- за p-фазна еднополупериодна схема

$$k_p = \frac{2}{p^2 - 1}$$

- за p-фазна мостова схема

$$k_p = \frac{2}{(2p)^2 - 1}$$

При управляемите токоизправители коефициентът на пулсации зависи и от ъгъла на регулиране  $\alpha$  :

- за p-фазен еднополупериоден токоизправител

$$k_{p(\alpha)} = \frac{2}{p^2 - 1} \sqrt{1 + p^2 \cdot \text{tg}^2 \alpha}$$

- за p-фазен мостов токоизправител

$$k_{p(\alpha)} = \frac{2}{(2p)^2 - 1} \sqrt{1 + (2p)^2 \cdot \text{tg}^2 \alpha}$$



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!**

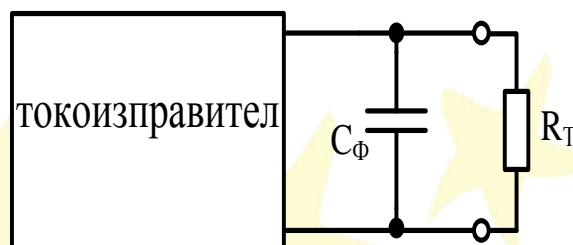




## 2 Пасивни изглаждащи филтри

### 2.1 Капацитивен филтър

Състои се само от един кондензатор, включен паралелно към изводите на токоизправителя и товара.



Изчисленията на реален токоизправител с загуби при капацитивен характер на товара се правят по графоаналитичния метод .  
Количествено токовете и напреженията са зависими от ъгъла на отсечка на тока през вентилите на токоизправителя  $\gamma$ , който е свързан с изправеното напрежение  $U_d$ , тока  $I_d$  през товара , с броя на фазите  $p$  и с вътрешното съпротивление на токоизправителя  $r$  със зависимостта:



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!*



$$A = \frac{\pi \cdot r \cdot I_d}{m \cdot U_d} = \operatorname{tg} \gamma - \gamma$$

Параметърът А се определя първо , тъй като величините , които влизат в него са известни.

$m$  – коефициент, зависещ от броя на фазите  $p$

Определянето на капацитета на кондензатора се извършва по формулата:

$$C_{\phi} = \frac{H}{r \cdot k_p}, [\mu F]$$

където  $r$  е вътрешното съпротивление на токоизправителя , а  $H$  е функция на броя на фазите и ъгъла на отсечка и може да се отчете от построените зависимости  $H=f(A)$  при различен брой фази  $p$  (за мостова схема  $2p$  )



Европейски съюз



Европейски социален фонд

За коефициента на изглаждане се получава:

- за еднополупериоден токоизправител

$$K_{s(1)} = \frac{K'_{p(1)}}{K''_{p(1)}} = \frac{\frac{2}{p^2 - 1}}{\frac{H}{r.C_\phi}} = \frac{2.r.C_\phi}{(p^2 - 1)H}$$

- за мостов токоизправител

$$K_{s(1)} = \frac{K'_{p(1)}}{K''_{p(1)}} = \frac{\frac{2}{(2p)^2 - 1}}{\frac{H}{r.C_\phi}} = \frac{2.r.C_\phi}{((2p)^2 - 1)H}$$

Извод: С увеличаване на фазите  $m$  коефициентът на изглаждане се намалява и затова този филтър се използва само при еднофазни и двуфазни схеми



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

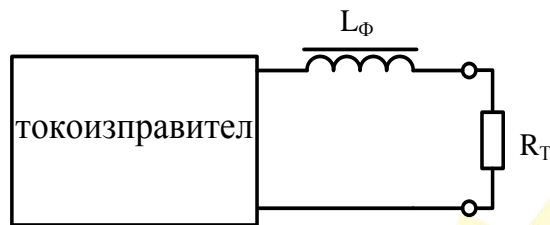
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## 2.2 Индуктивен филтър

Състои се само от един дросел, включен последователно с товара.



Индуктивното му съпротивление за първия хармоник на пулсациите трябва да бъде много по-голямо от активното съпротивление на товара. За да е голям к.п.д. активното съпротивление на дросела трябва да е много по-малко от съпротивлението на товара и затова

$$k_f = \frac{U'_{(1)m}}{U''_{(1)m}} = \frac{\sqrt{R_T^2 + (m \cdot \omega \cdot L_\phi)^2}}{R_T}$$

При мостова схема  $r$  се удвоява



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!*

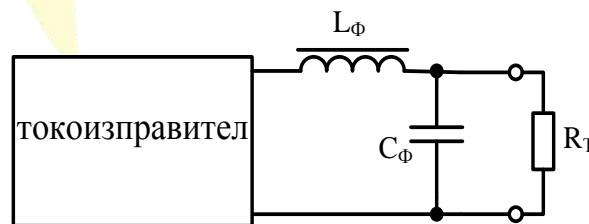


Ако  $m.\omega.L_\Phi \geq 3R_T$ , то подкоренната величина в числителя малко зависи от  $R_T$  и следователно:

$$K_s \approx \frac{m.\omega.L_\Phi}{R_T} = \frac{X_L}{R_T}$$

Извод: Коефициентът на изглаждане на индуктивния филтър расте с увеличаване на броя на фазите на токоизправителя и при намаляване на товарното съпротивление. Затова този филтър се предпочита при многофазни мощни схеми.

### 2.3 Г-образен LC филтър



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!*



За да е ефективен трябва да отговаря на следните изисквания:

1. Съпротивлението на кондензатора за първия хармоник на пулсациите да е много по-малко от съпротивлението на товара

$$X_C = \frac{1}{m\omega C_\Phi} < R_T$$

2. Съпротивлението на дросела за първия хармоник да е много по-голямо от съпротивлението на товара

$$X_L = m\omega L_\Phi > R_T$$

Коефициентът на изглаждане се определя по формулата:

$$K_{II} = m^2 \cdot \omega^2 \cdot L_\Phi \cdot C_\Phi - 1$$

При мостова схема  $p$  се удвоява  $m=2p$



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!*



Изчисляване: Коефициентът на изглаждане е зададен,  $m$  и  $\omega$  също са известни, а се търсят  $L_\phi$  и  $C_\phi$

$$L_\phi \cdot C_\phi = \frac{k_s + 1}{m^2 \cdot \omega^2}$$

$C_\phi$  се определя от първото изискване за ефективност на филтъра и след това се определя индуктивността на дросела.

За да се получи по-стабилна товарна характеристика е необходимо филтърът да е с индуктивен характер спрямо токоизправителя

$$L_\phi \geq \frac{2 \cdot R_T}{(m^2 - 1) \cdot m \cdot \omega}$$

За да не възникне самовъзбуждане на филтъра трябва

$$\frac{1}{\sqrt{L_\phi \cdot C_\phi}} \leq 0,5m \cdot \omega$$

т.е. резонансната честота на филтъра да е поне 2 пъти по-ниска от честотата на първия хармоник



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

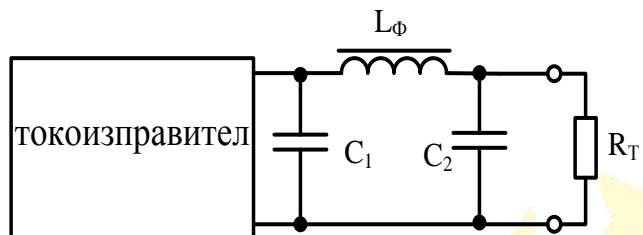
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

## 2.4 П-образен CLC филтър

Представява два последователно свързани филтъра – капацитивен (C1) и Г-образен LC филтър (L ф C2)



Характерът на товара, с който работи токоизправителът е капацитивен и C1 извършва предварително филтриране и намалява коефициента на пулсации до определено ниво  $k_p=0.1-0.2$ , след което Г-образният LC филтър филтрира до зададеното ниво.

Пълният коефициент на изглаждане на този филтър се получава като произведение от коефициентите на изглаждане на двата филтъра.

$$k_{s(1)} = \frac{2.r.C_1}{(m^2 - 1)H} (m^2 \cdot \omega^2 \cdot L_\phi \cdot 10^{-6} - 1) \quad \text{където } C_1 \text{ и } C_2 \text{ са в } \mu\text{F}, \text{ а } L \text{ в } \text{H}.$$



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!*





Изчисляване на елементите на П филтъра:

- Обикновено  $C_1$  се определя при изчисляване на токоизправителя, работещ при капацитивен товар

- Тогава

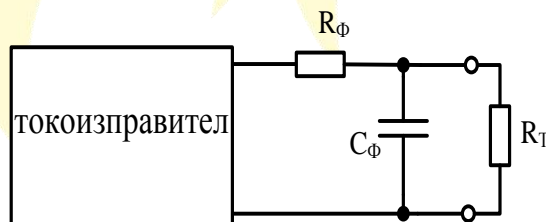
$$L_{\phi} \cdot C_2 = \frac{(m^2 - 1)H(k_s + 1)}{2 \cdot r \cdot C_1 \cdot m^2 \cdot \omega^2 \cdot 10^{-6}}$$

често  $C_1$  и  $C_2$  се избират еднакви

Ако схемата е мостова  $r$  се удвоява.

## 2.5 Г-образен RC филтър

Съществен недостатък на LC и CLC филтрите са относително големите размери на дросела и затова когато е възможно дроселът е заменен с резистор



Филтърът намалява както амплитудата на пулсациите, така и постоянната съставка на изправеното 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!*



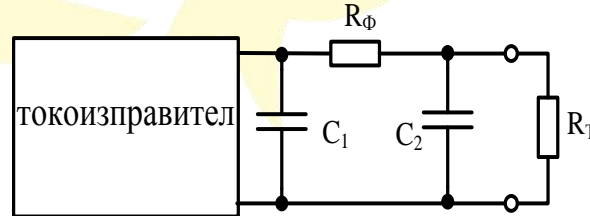
$$\frac{U_d''}{U_d'} = \frac{R_T}{R_T + R_\Phi} \quad k_f = \frac{U_{(1)m}'}{U_{(1)m}''} = \frac{Z_\Phi}{X_C} = \sqrt{R_\Phi^2 m^2 \cdot \omega^2 \cdot C_\Phi^2 + 1} \approx R_\Phi m \cdot \omega \cdot C_\Phi$$

следователно

$$k_s = R_\Phi m \cdot \omega \cdot C_\Phi \cdot \frac{R_T}{R_T + R_\Phi}$$

## 2.6 П-образен CRC филтър

Представлява двузвеноен филтър, съставен от последователно свързани капацитивен филтър и Г-образен RC филтър



Недостатък е, че върху филтровия резистор се получава пад на напрежение. Прилага се при консуматори с малка мощност и високи напрежения.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

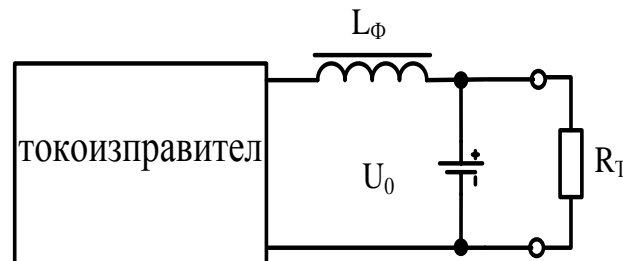
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

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

## 2.7 Филтър с акумулаторна батерия



За осигуряване на непрекъснато захранване на товара при прекъсване на електрическата мрежа се реализира с паралелно включена акумулаторна батерия. Акумулаторната батерия има филтриращ ефект, тъй като вътрешното и съпротивление е много малко, а е.д.н. постоянно т.е. за променливите съставки на изправеното напрежение акумулаторната батерия се проявява като кондензатор с еквивалентно съпротивление  $r_i$ .

Ако се включи и дросел се получава Г-образен филтър

$$k_{s(1)} = \frac{1}{r_i} \sqrt{(m \cdot \omega \cdot L_\phi)^2 + r_i^2}$$

и понеже  $r_i \ll p \cdot \omega \cdot L_\phi$

ТО 
$$k_s = \frac{1}{m \omega C_\phi} \ll R_T$$



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!*



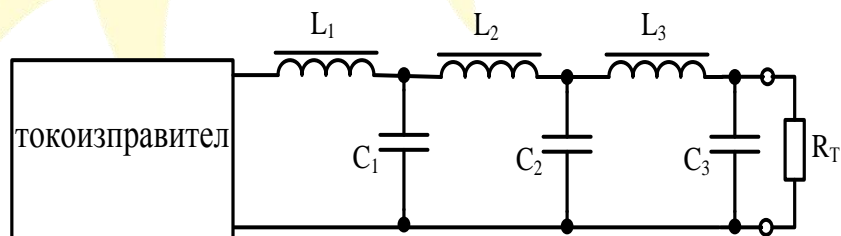
Видът и капацитетът на акумулаторната батерия се избират в зависимост от напрежението и мощността на товара и в зависимост от времето, през което батерията трябва да осигури резервно захранване.

Следователно вътрешното съпротивление е известно и затова

$$L_{\Phi} = \frac{r_i \cdot k_{s(1)}}{m \cdot \omega}$$

## 2.8 Многозвенни филтри

За голям коефициент на изглаждане се използват няколко последователно свързани филтри



$$k_{s(1)} = k_{s(1)1} \cdot k_{s(1)2} \cdot k_{s(1)3}$$



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!*



### 3 *Активни ( Транзисторни ) филтри*

В транзисторните филтри един от елементите на П-образния филтър е заместен от транзисторна схема. Според начина на свързване на транзистора във веригата на товара съществуват две основни групи филтри:

- филтри с последователно свързан транзистор
- филтри с паралелно свързан транзистор

Конфигурацията на филтрите с последователно свързан транзистор е П-образна, като вместо дросел или резистор между двата кондензатора е включена транзисторна схема. Съществуват два варианта на реализация:

- филтър с емитерен товар
- филтър с колекторен товар

При филтрите с паралелно свързване на транзистора вторият кондензатор в П-образния СРС филтър е заменен с транзистор.



Европейски съюз



Във всички схеми на транзисторни филтри транзисторът е нелинеен псевдореактивен елемент. Съпротивлението му се изменя по определен закон и с определена фаза спрямо пулсациите и това дава изглаждащ ефект, но във всички случаи съпротивлението на транзистора остава с активен характер. В транзистора не може да се натрупа енергия както при кондензатор и дросел, която после да се връща във веригата на товара.

Транзисторът превръща в топлина енергията на пулсациите и на част от постоянната съставка на изправеното напрежение. Затова този вид филтри по същество са само ограничители на напрежение и за да функционират е абсолютно необходимо предварителното изглаждане на входното напрежение т.е. включването на входния кондензатор С1 на П-образния филтър.

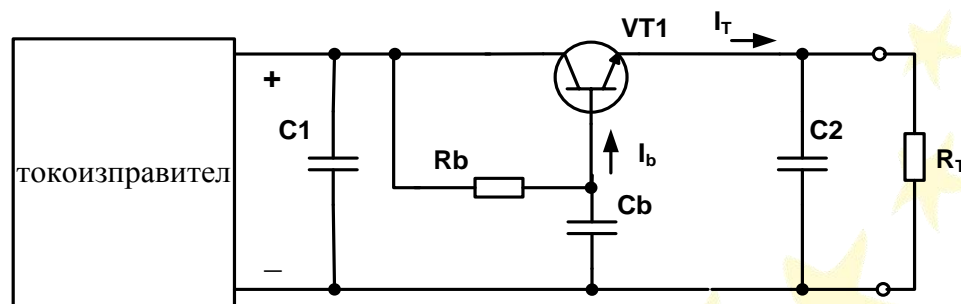


Европейски съюз



Европейски социален фонд

### 3.1 Филтър с последователно свързан транзистор и емитерен товар



Основният възел е филтърът, съставен от резистора  $R_b$  и кондензатора  $C_b$ . Транзисторът  $VT1$  е свързан по схема с общ колектор т.е. представлява емитерен повторител. Емитерният повторител в качеството си на филтър има две важни преимущества: изходното съпротивление на тази схема е по-малко от всички други схеми на свързване на транзистора и неговият коефициент на усилване по напрежение е малко под единица.

Базовият ток на транзистора се определя от товарния ток:

$$I_b = \frac{I_T}{h_{21E}}$$



Европейски съюз



Европейски социален фонд

Този ток е товарен ток за RC филтъра, състоящ се от  $R_b$  и  $C_b$  с коефициент на филтрация

$$k_f = m \omega C_b R_b$$

При достатъчно голям коефициент на филтрация напрежението върху кондензатора  $C_b$  е практически постоянно и обуславя постоянен базов ток  $I_b$ .

С увеличаване на съпротивлението на  $R_b$  коефициентът на изглаждане се повишава и следователно можем да постигнем нужния коефициент и при по-малки стойности на  $C_b$ . Поставянето на по-високоомен резистор ще повиши напрежението  $U_{ce}$  и ще намали к.п.д. Затова по-добри резултати се постигат с двузвенни RC вериги на входа; съставен транзистор, за да се намали  $I_b$  или вместо  $R_b$  се поставя схема с голямо динамично съпротивление. Това води до значително намаляване на променливата съставка, достигаща до кондензатора.



Европейски съюз



Европейски социален фонд

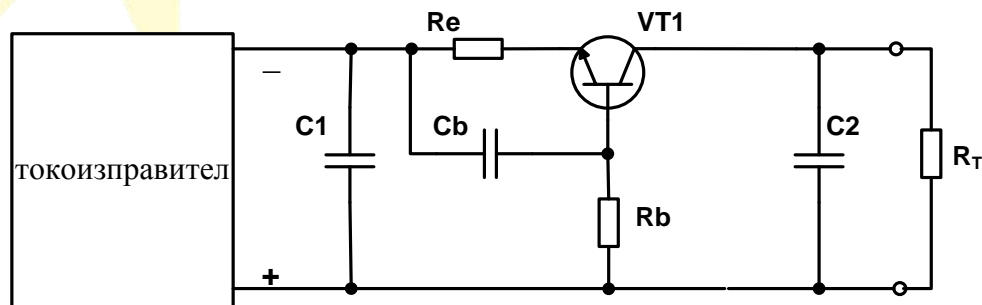


За да има изглаждащ ефект от включването на изходния кондензатор  $C_2$  неговият капацитет трябва да бъде много голям, поради малкото изходно съпротивление на този филтър. Затова няма практически смисъл от поставянето му. Въпреки това кондензаторът се поставя винаги, но с по-малък капацитет и затваря веригата на променливите токове, генерирани от консуматора и също така увеличава устойчивостта на филтъра срещу самовъзбуждане.

### 3.2 Филтър с колекторен товар

Съществуват две разновидности:

- филтър с фиксирано преднапрежение

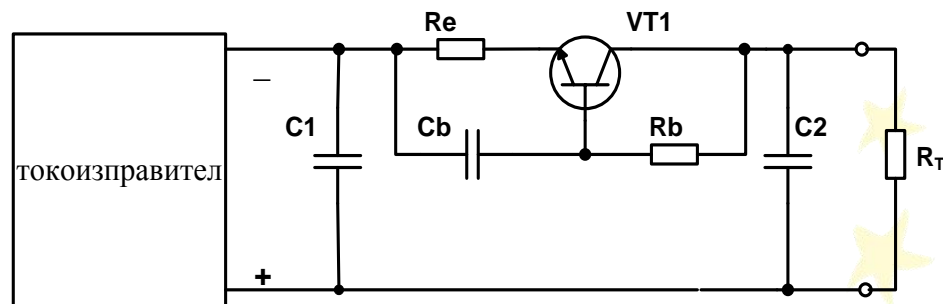


Европейски съюз



Европейски социален фонд

## - филтър с автоматично преднапрежение



Действието на двата филтъра е еднакво, разликата помежду им се състои само в начина на захранване на базовата верига на транзистора. В първата схема напрежението  $U_{be}$  основно се определя от стойността на входното напрежение и малко зависи от режима на работа на транзистора и затова се нарича с фиксирано преднапрежение. Във втората напрежението  $U_{be}$  основно се определя от колекторното напрежение и затова се нарича с автоматично преднапрежение. Тази схема работи в по-широк температурен диапазон, защото при нарастване на температурата, колекторният ток нараства. Този ток повишава напрежението върху товара, а намалява напрежението  $U_{ce}$ . Това води до намаляване на напрежението  $U_{be}$ , запушване малко на транзистора и намаляване на колекторния му ток.



Европейски съюз



Европейски социален фонд

Транзисторът VT1 и кондензаторът C2 образуват Г-образен RC филтър, в който ролята на съпротивление се изпълнява от транзистора и се получава TC филтър. Коефициентът на филтрация расте с нарастването на съпротивлението  $R_f$  т.е. съпротивлението на транзистора. От друга страна се знае, че с нарастването на  $R_f$  коефициентът на полезно действие се намалява. Тези две противоречиви условия могат да се изпълнят, ако статичното съпротивление на транзистора, определящо к.п.д., е малко, а динамичното съпротивление на транзистора, определящо коефициента на филтрация е голямо.

Работната точка на транзистора се избира чрез съпротивлението на резистора  $R_b$ , така че дори и при най-големите пулсации на входното напрежение да не се насити транзисторът. Колкото работното напрежение  $U_{ce}$  е по-малко толкова и статичното съпротивление на транзистора е по-малко. Поради нелинейността на колекторните характеристики, динамичното съпротивление на тези схеми е голямо. Чрез резистора  $R_e$  и кондензатора  $C_b$  се осъществява отрицателна обратна връзка по променлив ток.



Европейски съюз



Европейски социален фонд

Кондензаторът С2 е абсолютно необходим елемент в тези схеми. Той служи като филтриращ елемент в Г-образния ТС филтър и като елемент, затварящ веригата на генерирания от товара променлив ток, който не може да преминава през голямото динамично съпротивление.

Филтрите с фиксирано преднапрежение имат значително по-голям коефициент на изглаждане. Това е особено видимо при големи токове. Схемите с автоматично преднапрежение работят устойчиво при изменение на температурата в широки граници, малко са чувствителни при смяна на транзистора и изменение на товара. Недостатък и на двете схеми е , че през транзистора протича голям ток, което налага използването на радиатор и понижава к.п.д.

### **3.3 Филтри с паралелно включване на транзистора**

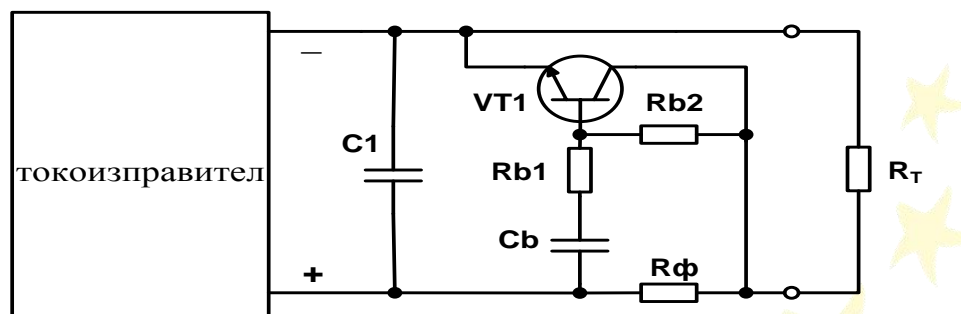
При този вид филтри изходният кондензатор в един CRC филтър е заменен с транзистор, който имитира действието на кондензатор с голям капацитет.



Европейски съюз



- филтър с управление от входа



При него кондензаторът  $C1$  извършва предварително филтриране на входното напрежение и довежда пулсациите му до допустима за работата на Г-образния  $R_T$  филтър стойност.

През резистора  $R_{b2}$  и базата протича постоянен ток, който определя работната точка на транзистора и средния му колекторен ток.

През веригата  $C_b$  и  $R_{b1}$  променливата съставка на входното напрежение се подава на базата на транзистора  $VT1$  и предизвиква изменение на колекторния му ток. Това предизвиква промяна на пада на напрежение върху  $R_{\phi}$  и така се неутрализират пулсациите на входното напрежение.

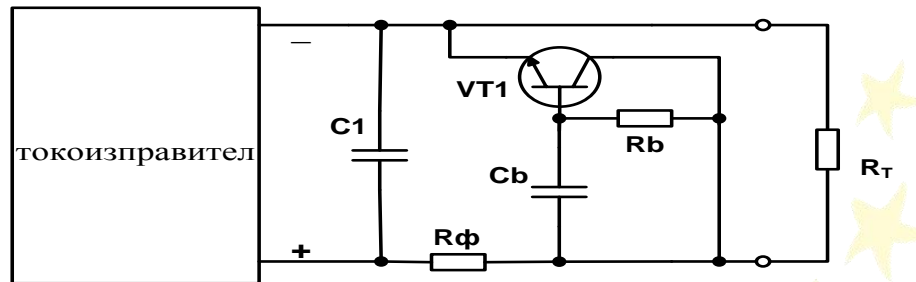


Европейски съюз



Европейски социален фонд

- филтър с управление от изхода



Разликата от предишния филтър е в това, че променливотоковият сигнал за базовата верига на транзистора се взема след резистора  $R_{\phi}$  от изхода на филтъра.

Промяната на изходното напрежение вследствие на пулсациите предизвиква промяна на колекторния ток на транзистора.

$$\Delta I_C = k_y \Delta U_{изх}$$

Тази промяна на тока създава промяна на пада на напрежение върху резистора  $R_{\phi}$

$$\Delta U_{R_{\phi}} = R_{\phi} \Delta I_C = R_{\phi} \Delta U_{изх} k_y$$



Европейски съюз



Европейски социален фонд

Напрежението върху Rф е противофазно на напрежението на пулсациите на входа.

Филтърът с управление от изхода има по-малко изходно съпротивление, отколкото при управление от входа, не изисква донастройка при различни транзистори и характеристиките му по-малко зависят от изменението на околната температура.

Филтрите с паралелно включен транзистор могат да се използват само при ниски напрежение, защото имат най-малък к.п.д. от всички транзисторни филтри, който намалява с увеличаване на напрежението.

Транзисторните филтри намират ограничено приложение на практика. Това се дължи на по-широкото използване на електронните стабилизатори на напрежение, които изпълняват едновременно и функцията на филтри. Трябва да се има предвид, че в някои режими стабилизаторите имат по-лоши енергетични и режимни показатели, което води до увеличаване на теглото и габаритните им размери.

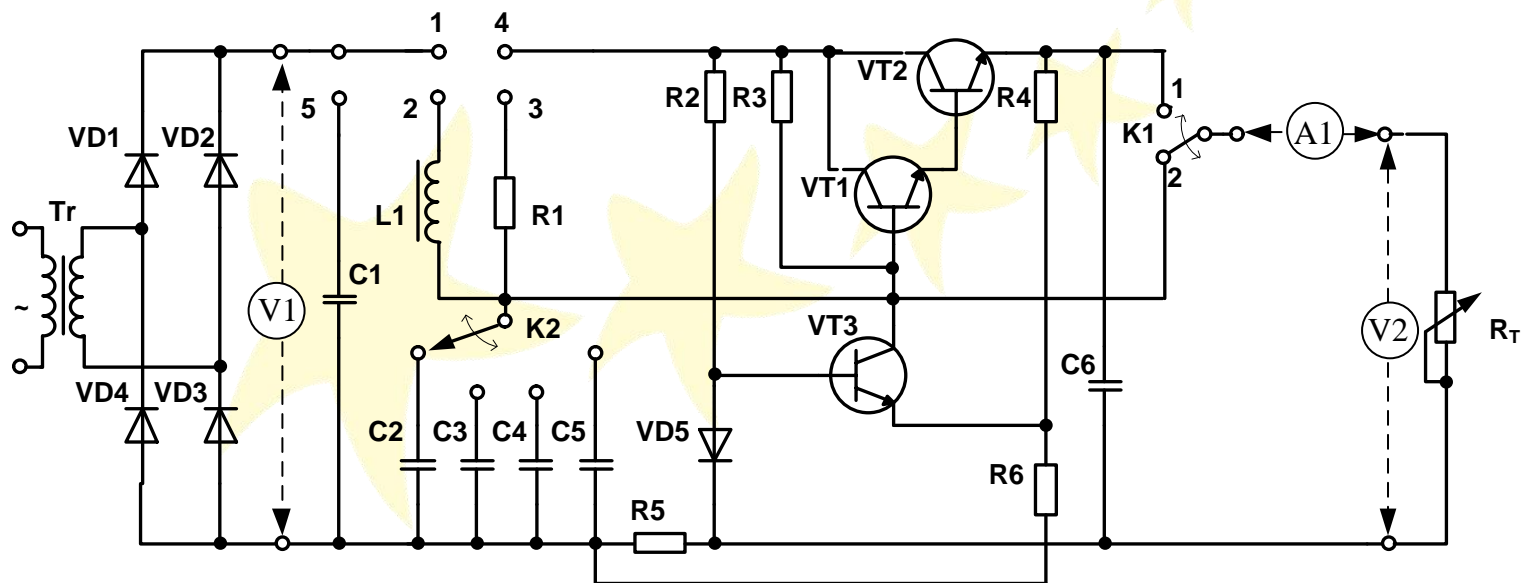


Европейски съюз



Европейски социален фонд

## Схема на опитната постановка



Европейски съюз



Европейски социален фонд