

# ***Лекции по курсу :***

## ***Силовые преобразователи в электроснабжении***

***Кафедра электроснабжения  
промышленных предприятий  
Электротехнический институт  
Томского политехнического  
университета***

## Составлено по следующим источникам:

1. Лукутин Б.В., Обухов С.Г. Силовые преобразователи в электроснабжении. Учебное пособие. – Томск, Изд. ТПУ, 2006.
2. Чебовский О.Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы. Справочник. – Ленинград, Энергия, 1985.
3. Руденко В.И. и др. Основы преобразовательной техники. Учебник для ВУЗов, 2-е издание М.: Высш. шк., 1980 – 286 с.
4. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. Второе издание, стереотипное.-М.: ООО ИД «Альянс», 2008. -496 с., ил.

# Тема ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

## ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

- ✓ Емкостной фильтр
- ✓ Индуктивный фильтр
- ✓ Сложные R-, L-, C - фильтры
- ✓ Резонансные фильтры
- ✓ Электронные фильтры
- ✓ Сетевые фильтро-компенсирующие устройства

## ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Фильтры могут применяться для улучшения качества как выходного напряжения силового преобразователя электроэнергии, так и формы кривой сетевого напряжения, питающего преобразователь.

Для повышения качества выходного напряжения вентильных преобразователей используют **сглаживающие** фильтры.

Сглаживающие фильтры применяются для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения до уровня, необходимого по условиям эксплуатации потребителя, получающего питание от выпрямителя.

## ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

При любой схеме выпрямления, помимо постоянной составляющей, в кривой выходного напряжения выпрямителя **содержится переменная составляющая**, называемая ***пульсацией напряжения***. Эта пульсация может быть столь значительной, что непосредственное питание нагрузки от выпрямителя возможно относительно редко: зарядка аккумуляторных батарей, питание электродвигателей, цепей сигнализации и т. д., т. е. там, где приемник энергии не чувствителен к переменной составляющей в кривой выпрямленного напряжения.

## ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Для уменьшения переменной составляющей в кривой выпрямленного напряжения между выпрямителем и нагрузкой устанавливается специальное устройство, называемое **сглаживающим фильтром**.



## ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

$$K_{\text{сГ}}(q) = \frac{K'_{n(q)}}{K''_{n(q)}}$$

$$K'_n = \frac{U'_{(1)m}}{U_d + \Delta U}$$

$$K''_n = \frac{U''_{(1)m}}{U_d}$$

## ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

$$K_{\text{сГ}} = \frac{K'_n}{K''_n} = \frac{U'_{(1)m}}{U''_{(1)m}} \cdot \frac{U_d}{U_d + \Delta U} = \lambda K_{\phi}$$

$$\lambda = \frac{U_d}{U_d + \Delta U}$$

$$K_{\phi} = \frac{U'_{(1)m}}{U''_{(1)m}}$$

## ФИЛЬТРЫ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

$$K_{\text{сГ}} = \frac{U'_{(1)m}}{U''_{(1)m}} = K_{\text{ф}}$$

## Емкостной фильтр

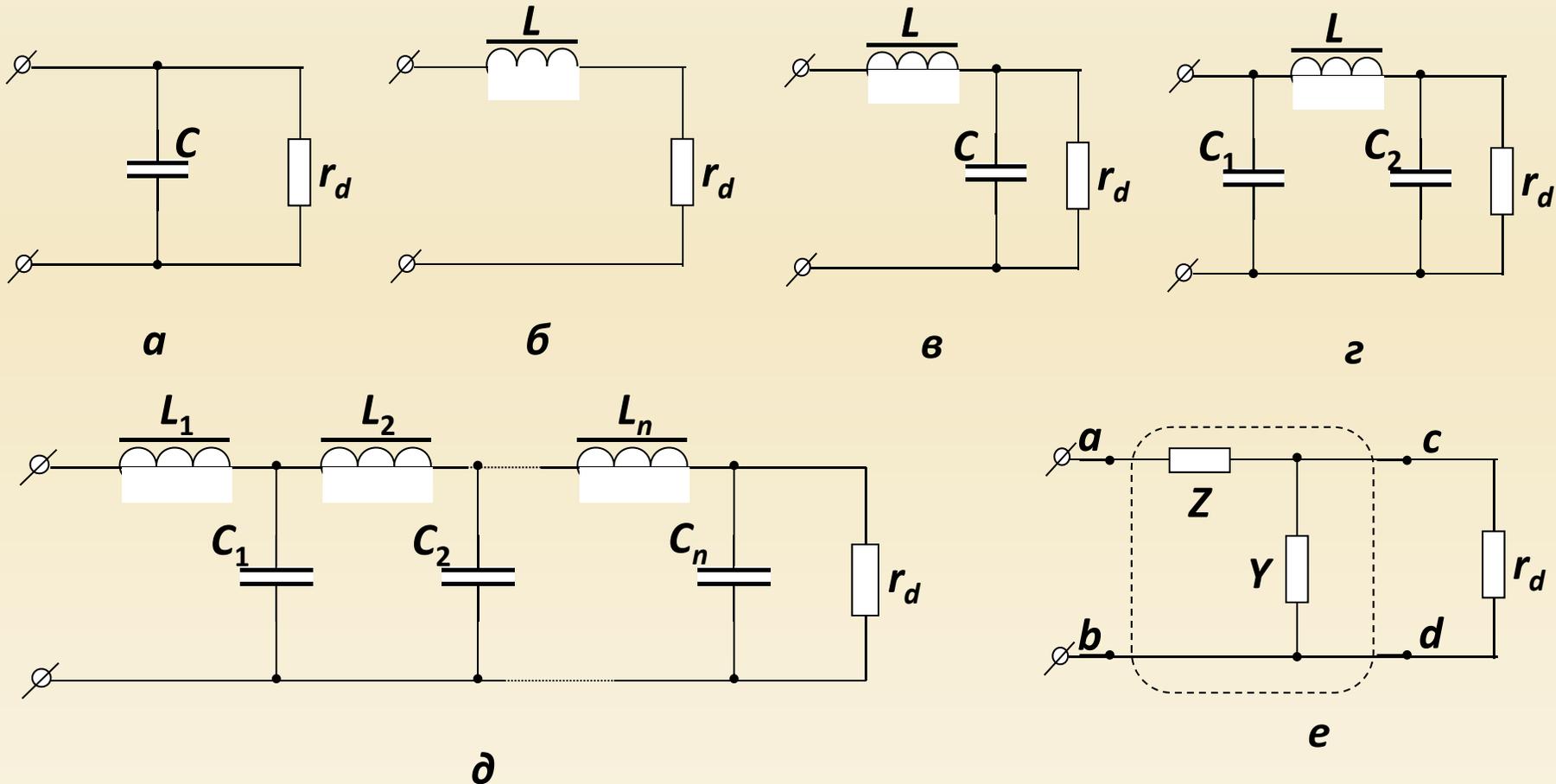
$$U''_{(1)m} \approx I'_{(1)m} \frac{1}{\omega C} \approx \frac{2I_d}{\omega C}$$

$$U_d = r_d I_d$$

$$C = \frac{2}{\omega K_n'' r_d}$$

## Емкостной фильтр

Схемы  $R, L, C$  – фильтров: а – емкостной фильтр; б – индуктивный фильтр; в –  $\Gamma$ -образный  $L$ - $C$ -фильтр; г – многосвязный фильтр; д –  $\Pi$ -образный фильтр; е – эквивалентная схема  $\Gamma$ -образного фильтра



## Емкостной фильтр

$$I_{(1)m}'' \approx I_d$$

$$U_{(1)m}'' \approx \frac{I_d}{2\omega C}$$

$$C = \frac{1}{2\omega K_n'' r_d}$$

## Индуктивный фильтр

$$L_{\text{др}} \gg \frac{r_d}{p\omega}$$

где  $p$  – коэффициент, зависящий от схемы выпрямления и показывающий, во сколько раз частота основной гармоники выпрямленного напряжения больше, чем частота сети;

$\omega = 2\pi f$  – круговая частота;

$L_{\text{др}}$  – индуктивность дросселя.

## Сложные R-, L-, C - фильтры

$$K_{\phi} = \frac{U'_{(1)m}}{U''_{(1)m}} = 1 + Z \left( Y + \frac{1}{r_d} \right)$$

$$Y \gg \frac{1}{r_d}$$

$$r_d \geq \frac{5}{Y}$$

$$K_{\phi} \approx 1 + ZY$$

$$Z = jp\omega L, Y = jp\omega C$$

$$K_{\phi} \approx 1 - p^2 \omega^2 LC$$

$$LC \approx \frac{10|K_{\phi}|}{p^2}$$

## Сложные R-, L-, C - фильтры

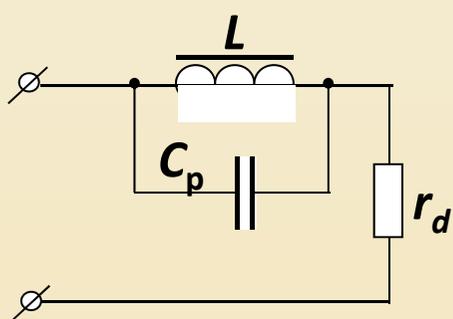
$$K_{\phi} = K_{\phi}^{(1)} \cdot K_{\phi}^{(2)} \cdot \dots \cdot K_{\phi}^{(n)}$$

$$K_{\phi} = \left[ K_{\phi}^{(1)} \right]^n$$

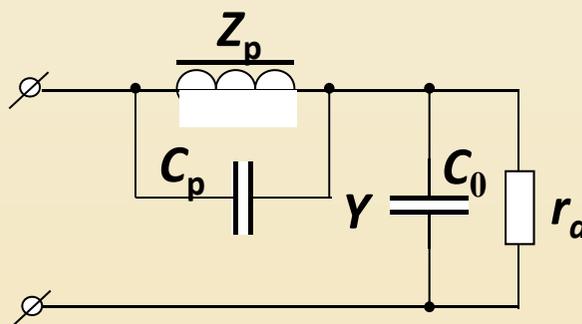
$$K_{\phi} = K_{\phi}^{(1)} \cdot K_{\phi}^{(2)}$$

## Резонансные фильтры

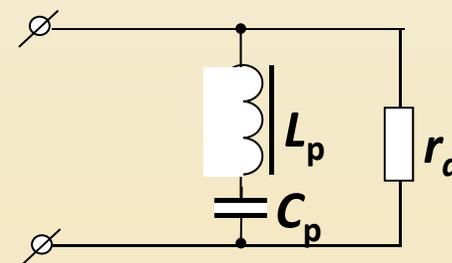
Резонансные фильтры: **а** – фильтр-пробка; **б** – Г-образный фильтр с резонансным контуром; **в** – режекторный фильтр; **г** – Г-образный фильтр с резонансной цепочкой; **д** – Г-образный фильтр с резонансными контуром и цепочкой



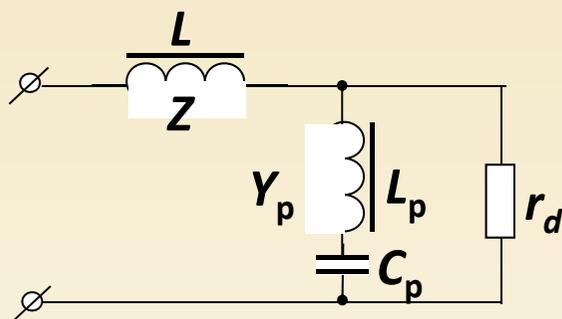
**а**



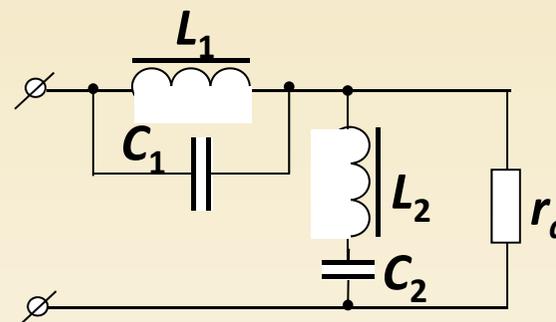
**б**



**в**



**г**



**д**

## Резонансные фильтры

$$K_{\phi p} = 1 + Z_p Y \approx Z_p Y$$

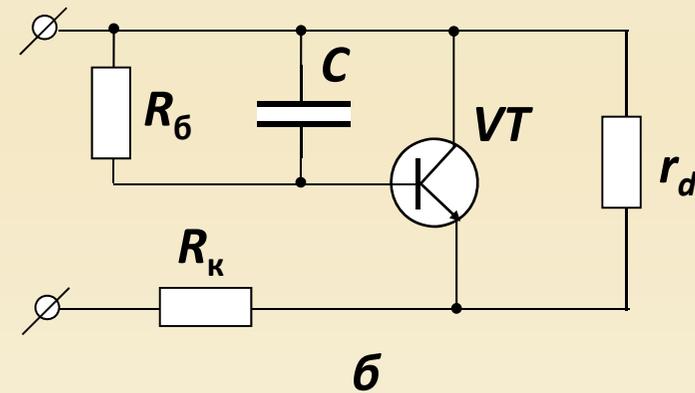
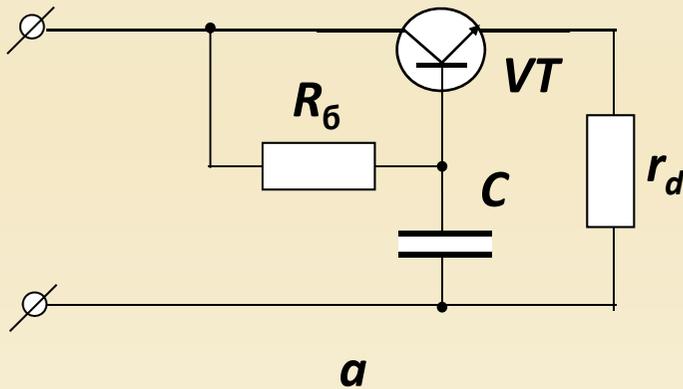
$$\frac{Z_p}{Z} = \frac{K_{\phi p}}{K_{\phi}} \gg 1$$

$$Z_p = r_L + r_C$$

$$K_{\phi} \approx Z Y_p = \frac{Z}{Z_p} = \frac{q p \omega L}{r_L + r_C}$$

## Электронные фильтры

Схемы электронных сглаживающих фильтров: **а** – полупроводниковый фильтр с последовательным регулирующим транзистором; **б** – полупроводниковый фильтр с параллельным регулирующим транзистором

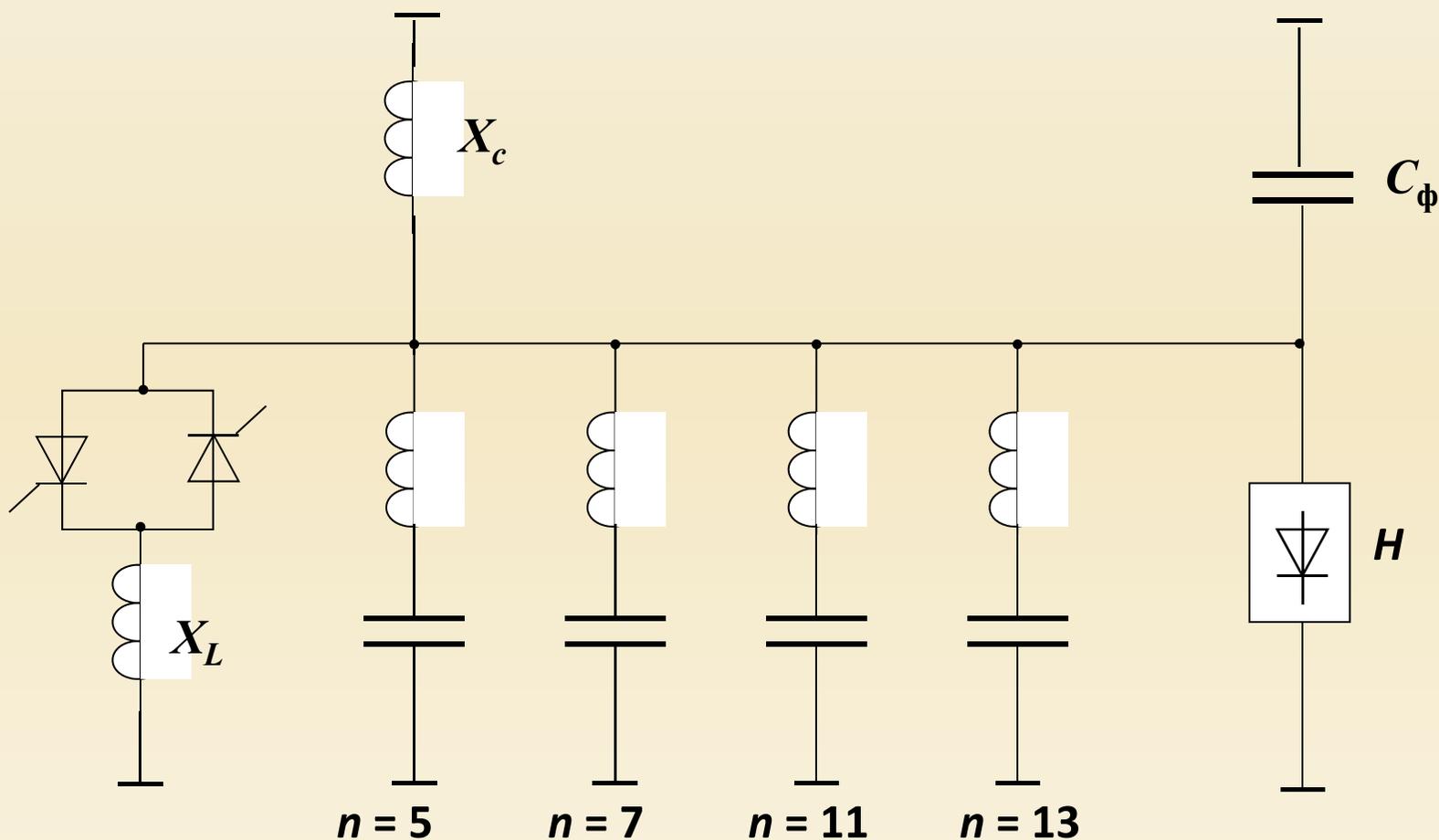


Основой энергетических фильтров высших гармоник являются последовательные **индуктивно-емкостные резонансные цепи**, настроенные на соответствующие номера гармоник. Обычно резонансные **L-C** фильтры настраиваются на гармоники с номерами  **$n = 5, 7, 11, 13$** . Параметры каждой резонансной ветви фильтра определяются из условия

$$n \cdot \omega \cdot L_{\phi} = \frac{1}{n \cdot \omega \cdot C_{\phi}}$$

где  **$L_{\phi}$** ,  **$C_{\phi}$**  – индуктивность и емкость элементов фильтра,  **$n$**  – номер гармоники.

## Схема резонансного фильтра





ТПУ ЭНИН кафедра  
Электроснабжение  
промышленных  
предприятий  
Муравлев Игорь Олегович, доцент  
Тел. (3822) 70-17-77 доб. 1942

*Спасибо*

*за*

*внимание !!!*