



# Гибкие электропередачи



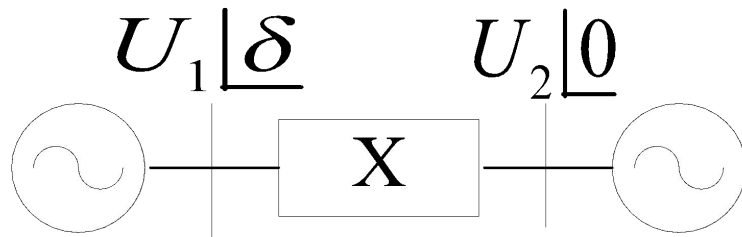
**Цель лекции:** Знакомство с видами, принципом работы, функциями устройств гибкой передачи переменного тока и способами повышения пропускной способности линий электропередачи.

### План лекции

- Управление передачей мощности и повышение пропускной способности гибкой передачи
- Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока (FACTS-устройства).
- Преимущества и недостатки устройств гибкой передачи переменного тока, основанных на силовой электронике



## Повышение пропускной способности гибкой передачи



$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{X} \cdot \sin \delta$$

$$Q_1 = \frac{U_1(U_1 - U_2 \cdot \cos \delta)}{X}$$

$$Q_2 = \frac{U_2(U_2 - U_1 \cdot \cos \delta)}{X}$$

### Способы повышения предела передаваемой мощности

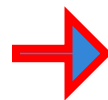
- Деление линии с установкой устройств компенсации реактивной мощности
- Продольная емкостная компенсация параметров линии
- Увеличение напряжений по концам установкой источников реактивной мощности



# Управляемые самокомпенсирующиеся линии электропередачи

Снижение  
индуктивного  
сопротивления

$X_L$



Повышение  
пропускной  
способности ЛЭП



Снижение индуктивного сопротивления  
сближением фаз на минимально  
допустимое расстояние



# Управляемые самокомпенсирующиеся линии электропередачи

Удельное индуктивное сопротивление фазы  
одноцепной линии с проводами из цветных  
металлов с учетом взаимодействия фаз

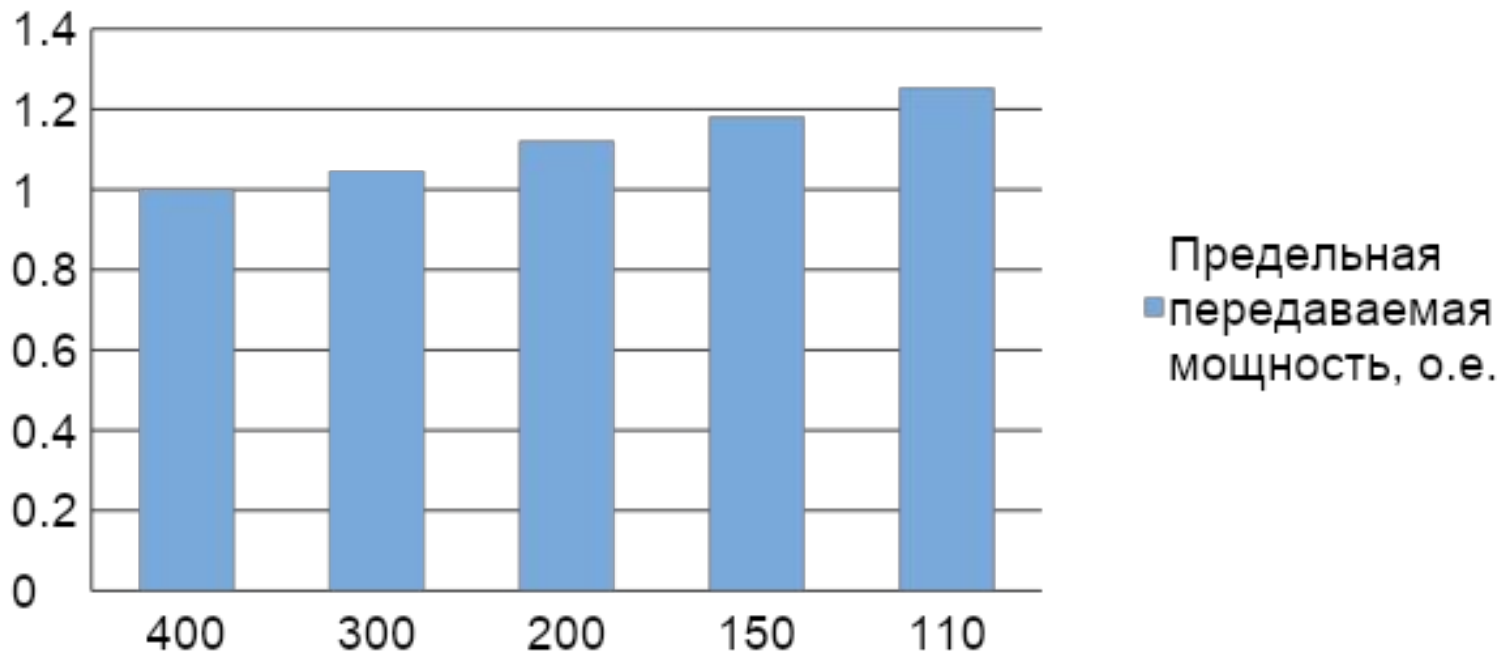


$$X_{lg} = 0,1445 \left( \frac{D_{cp}}{r'_3} \right) \frac{0,0157}{m}$$

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{13} \times D_{23}},$$



# Управляемые самокомпенсирующиеся линии электропередачи





# Управляемые самокомпенсирующиеся линии электропередачи

Опытно-  
промышленная  
СВЛ-110 кВ





## Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

### Электромеханические FACTS-устройства

↓

Синхронный  
компенсатор

↓

Коммутируемые  
устройства продольной и  
поперечной компенсации

↓

Линейный  
регулируемый  
трансформатор

↓

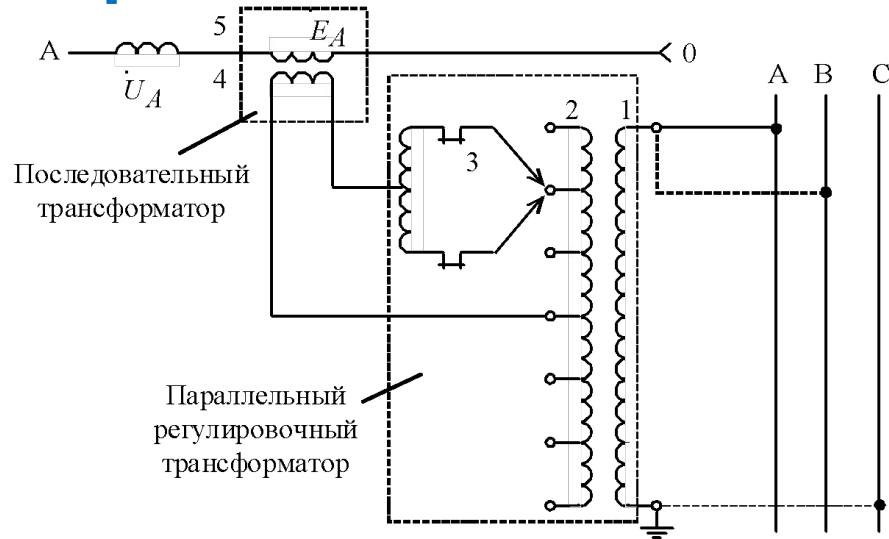
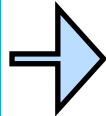
Фазоповоротный  
регулируемый  
трансформатор



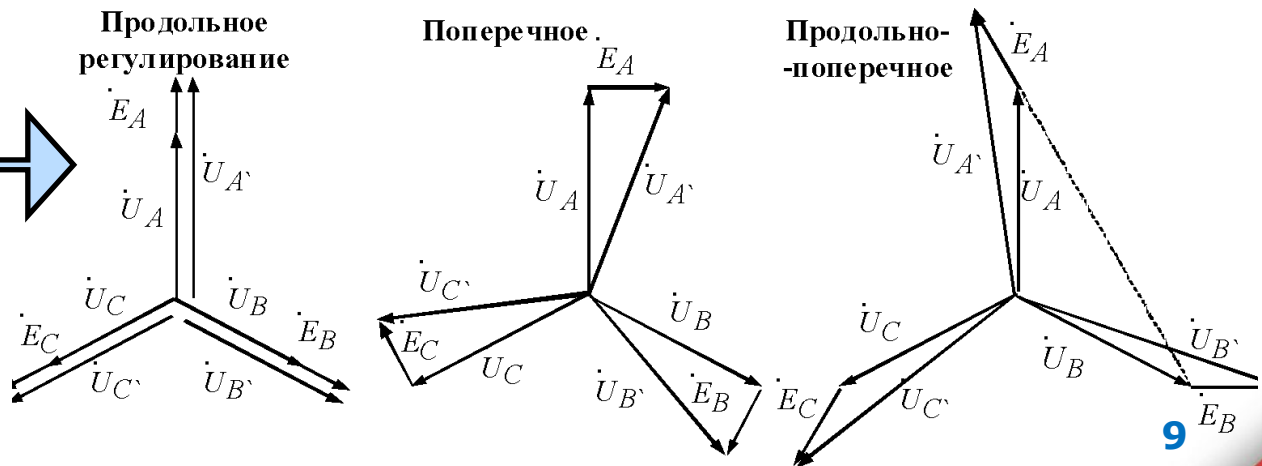
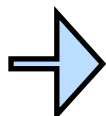


# Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

Фазоповоротный регулировочный трансформатор



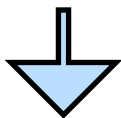
Векторные диаграммы регулирования



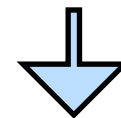


# Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

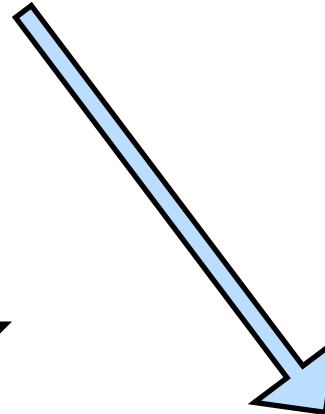
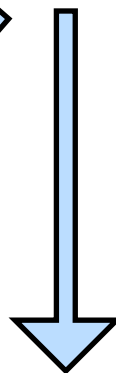
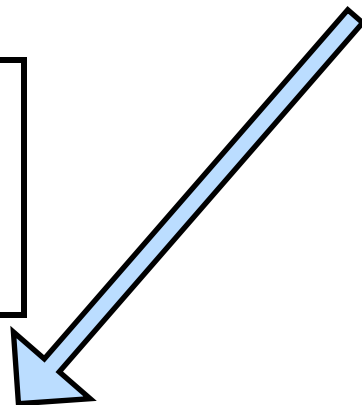
## FACTS-устройства на силовой электронике



Статический  
тиристорный  
компенсатор



Статический  
синхронный  
компенсатор



Продольный  
синхронный  
компенсатор

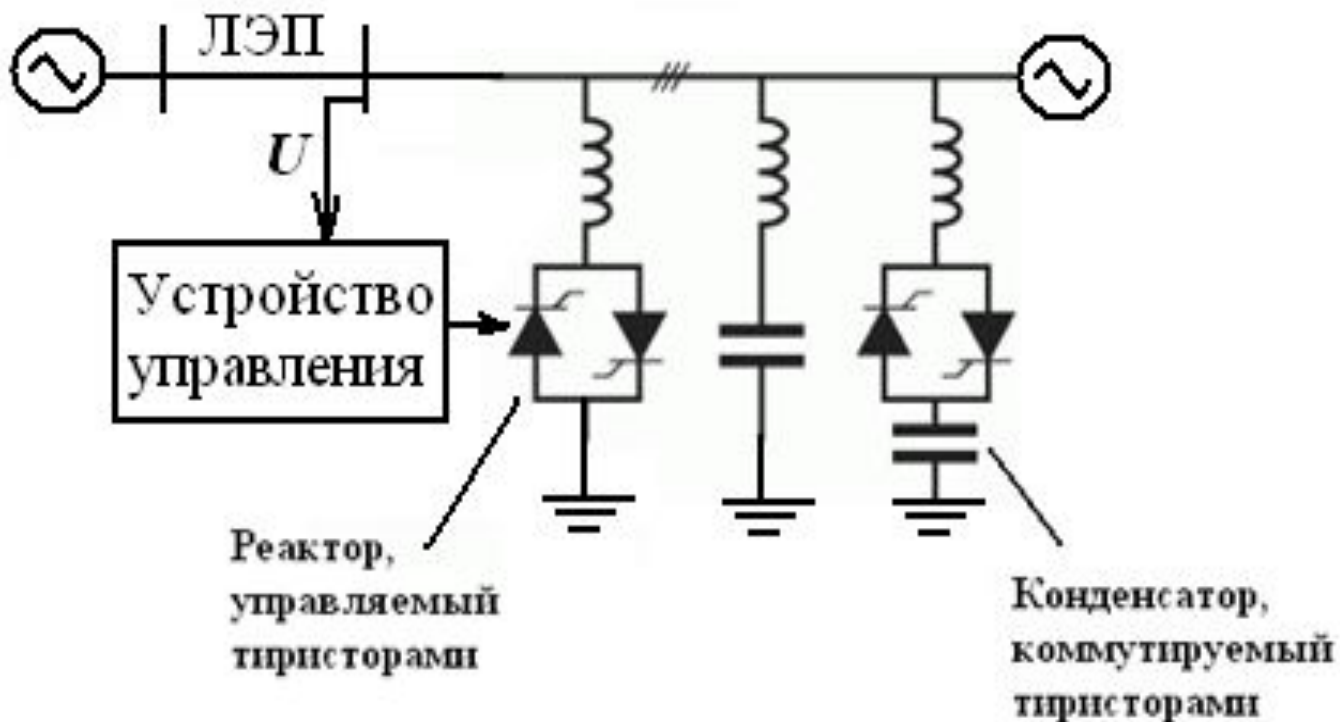
Объединенный  
регулятор перетока  
мощности

Продольный  
управляемый  
конденсатор



# Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

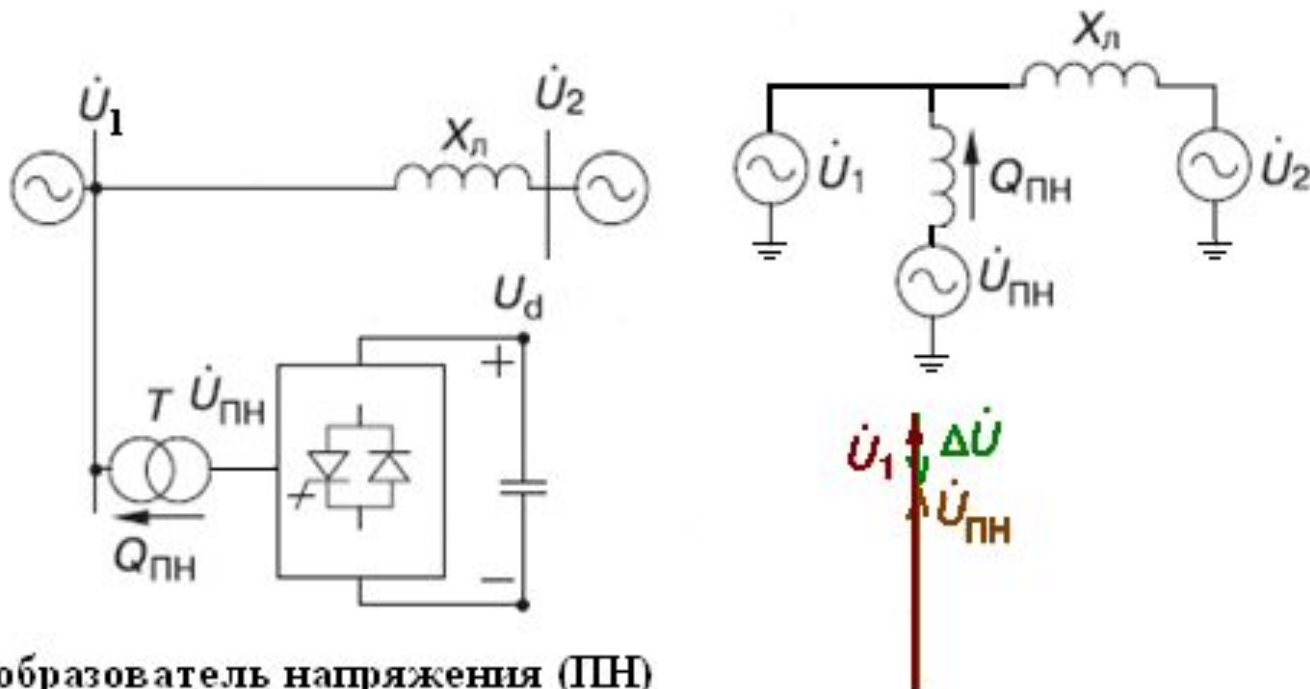
## Статический тиристорный компенсатор





# Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

## Статический синхронный компенсатор



Преобразователь напряжения (ПН)



## Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

### СТАТКОМ

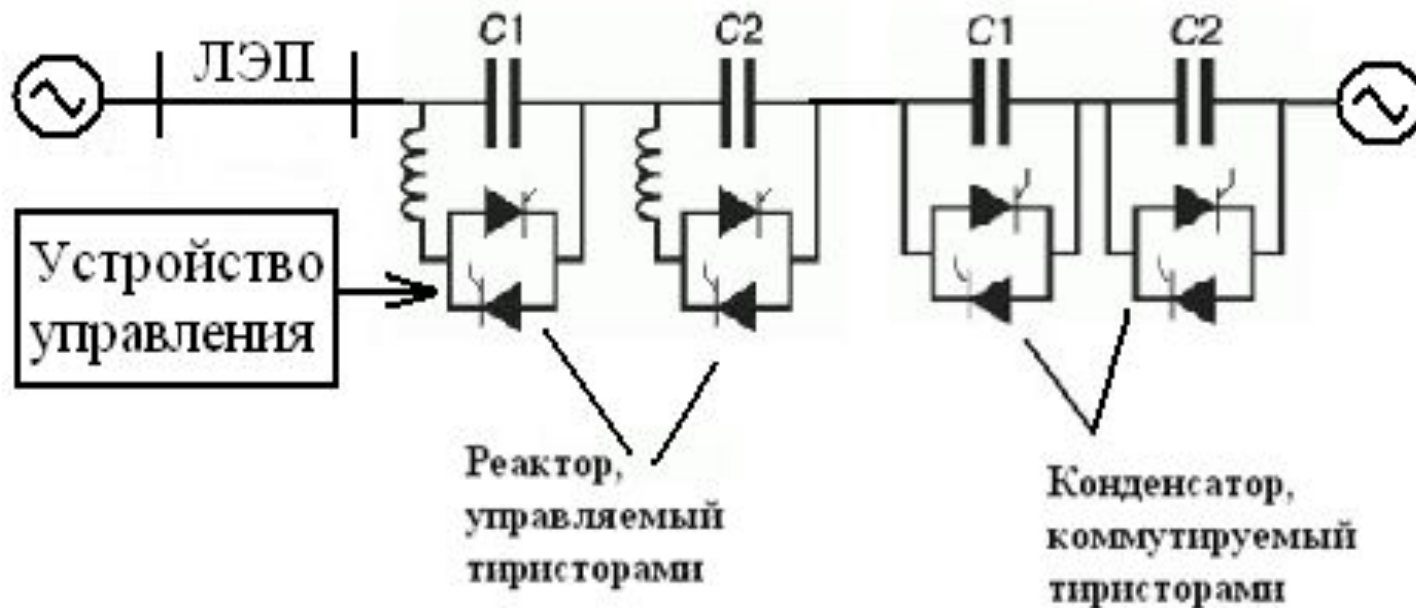
50 МВАр,  
15,75 кВ,  
разработан  
ВНИИЭ для  
замены  
синхронного  
компенсатора  
на ПС  
Выборгская





# Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

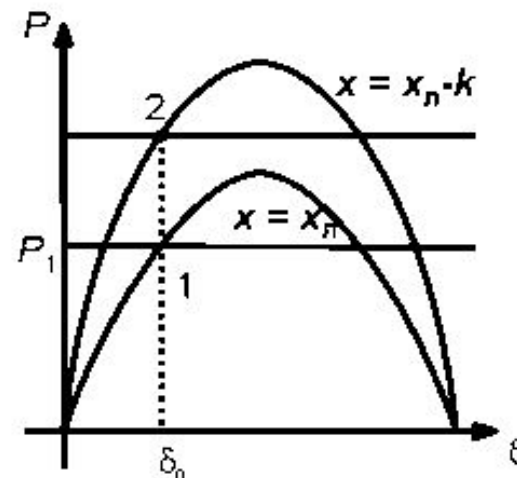
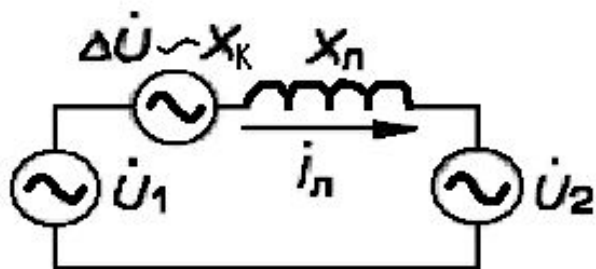
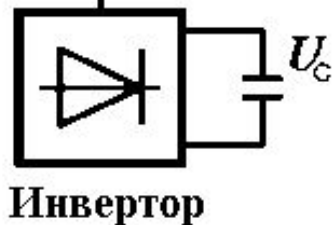
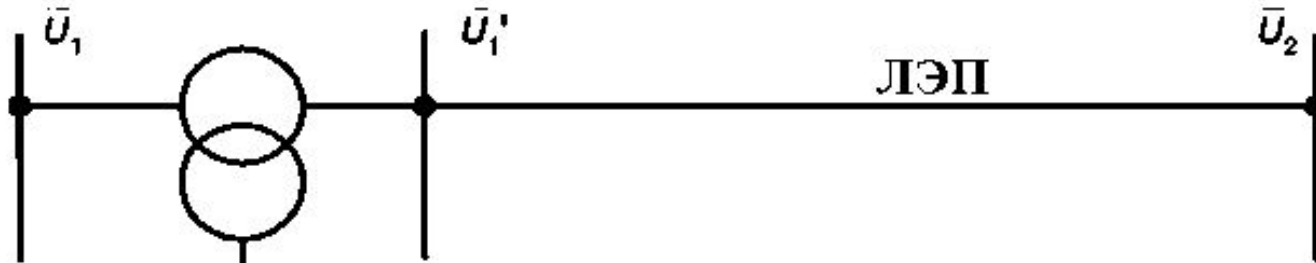
## Продольный управляемый конденсатор





# Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

## Продольный синхронный компенсатор

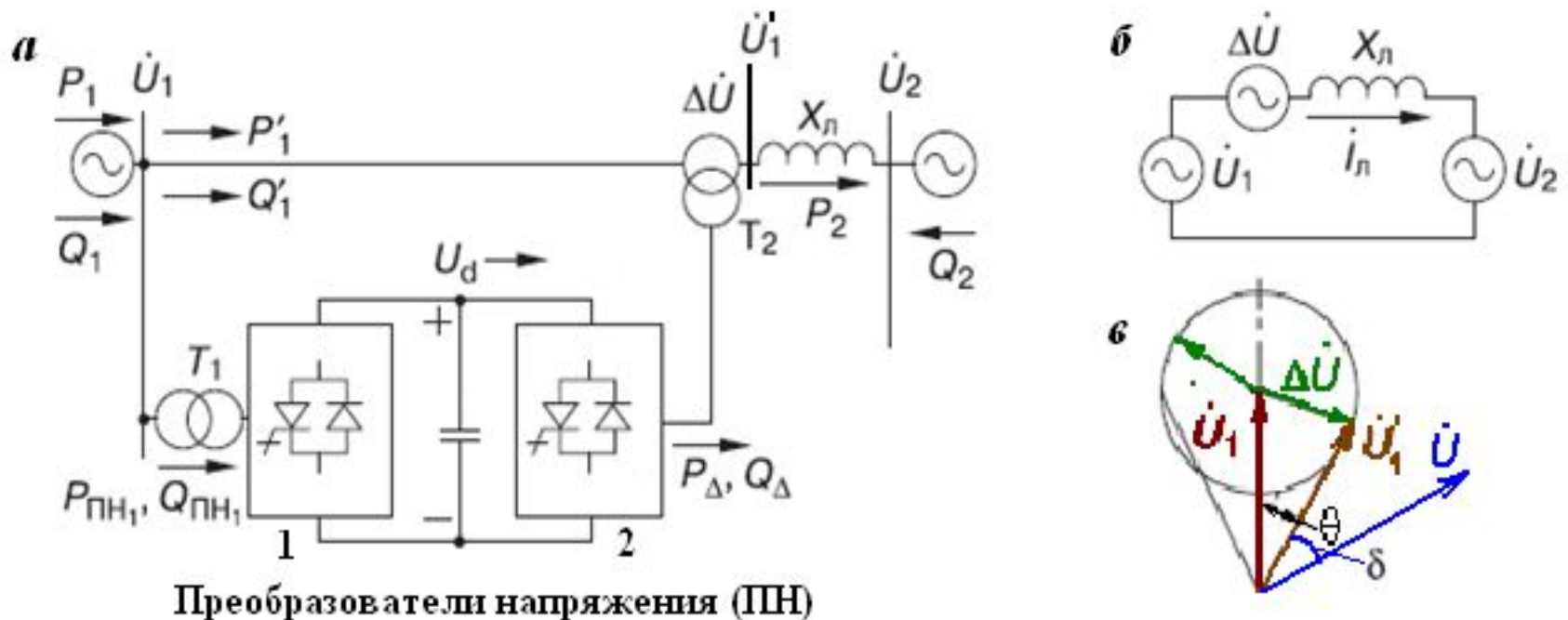






# Виды и принцип работы устройств гибкой передачи переменного тока

## Объединенный регулятор перетока мощности



Преобразователи напряжения (ПН)





# Преимущества и недостатки FACTS-устройства на силовой электронике

## Достоинства

- Широкий диапазон регулирования
- Высокая надежность
- Высокое быстродействие

## Недостатки

- Дороговизна
- Генерация высших гармоник
- Сложность эксплуатации и управления



**Спасибо за внимание!**