

# Установившиеся режимы работы электросистем с распределенной генерацией

Косарев Б.А., АО «ОНИИП»,  
научный сотрудник

**Распределенная генерация** – производство тепловой и электрической энергии в непосредственной близости от потребителя ( электрогенераторы 1 – 25 МВт)

Достоинства:

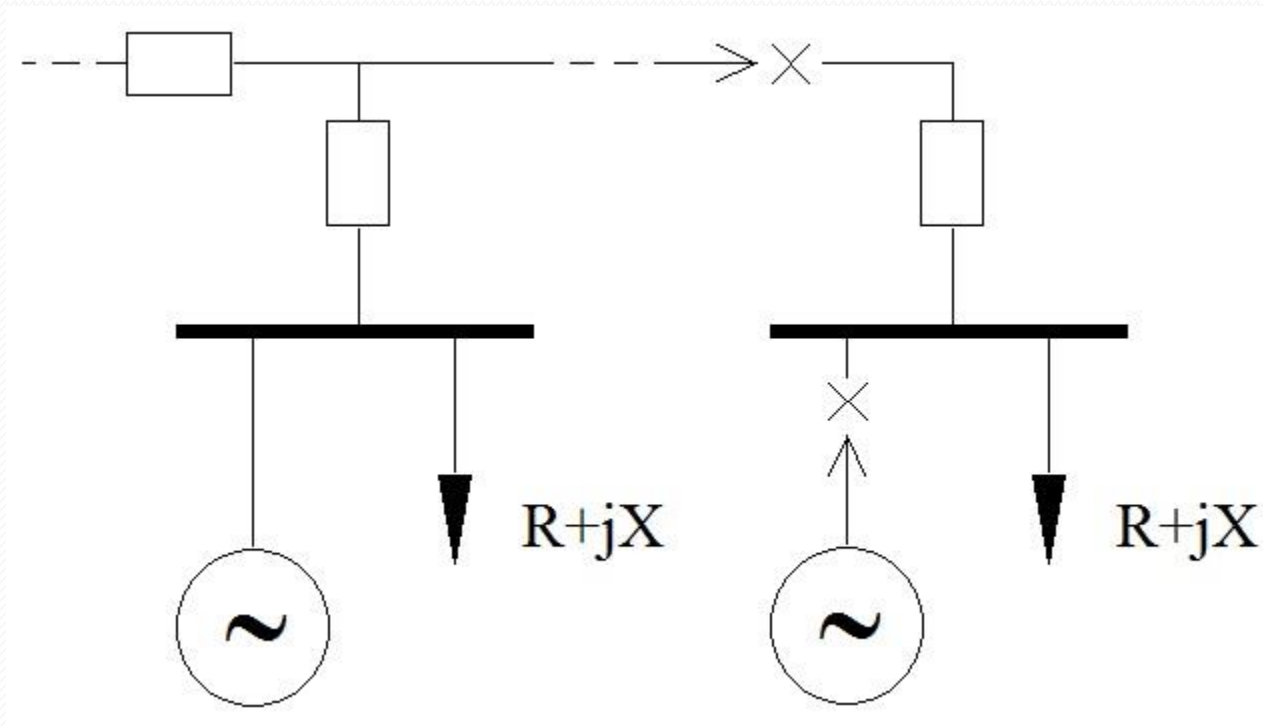
1. Уменьшение потерь при передаче энергии
2. Возможность использования ВИЭ (экология, ограниченность запасов топлива)

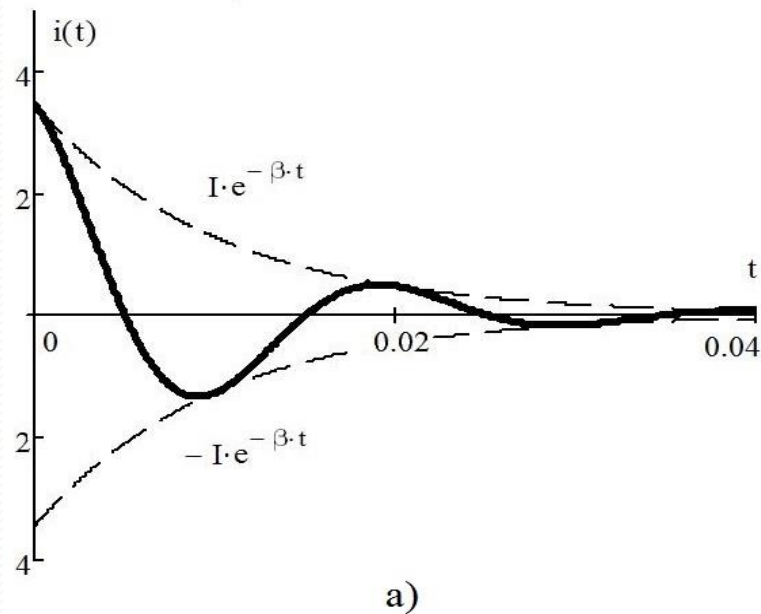
Среди недостатков – нелинейная нагрузка жилых зданий, возможность хаотического режима работы

Цель работы – рассмотреть установившиеся режимы работы систем с РГ

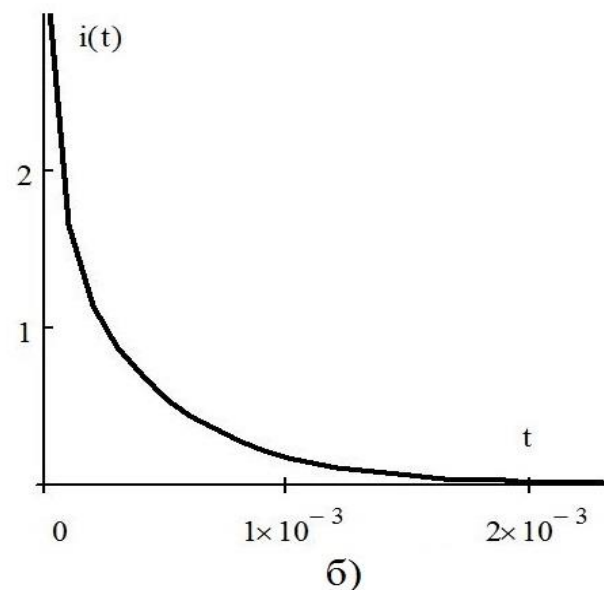


- положение равновесия





$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\beta t} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$



$$i(t) = A \cdot e^{-\beta_1 t} + B \cdot e^{-\beta_2 t}$$

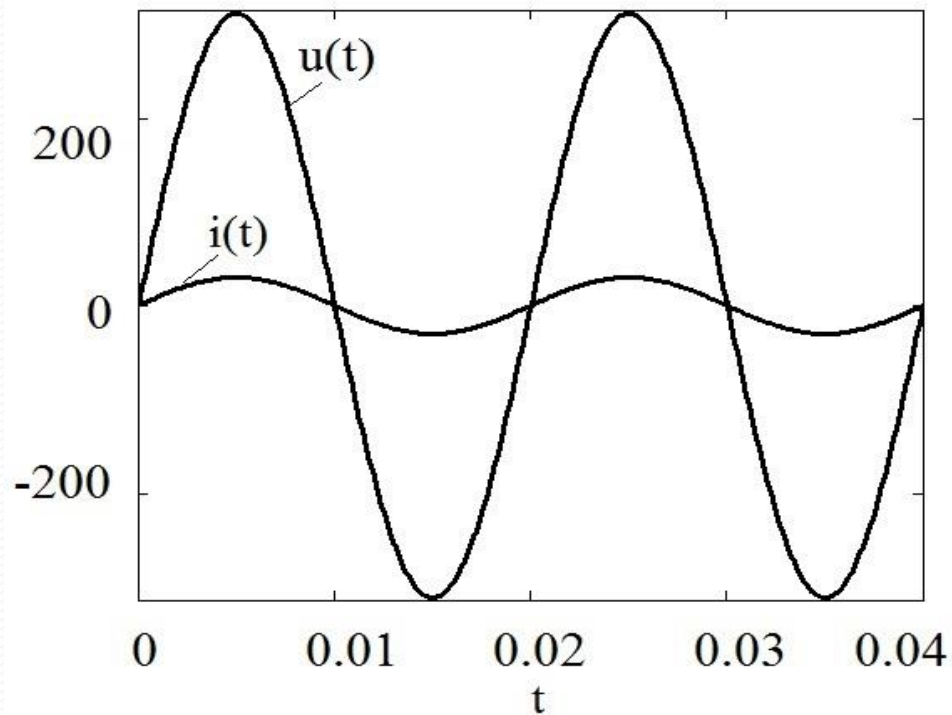
$$\beta_{1,2} = \beta \pm \sqrt{\beta^2 - \frac{1}{L \cdot C}}$$

**Переходный процесс при прерывании электроснабжения:**

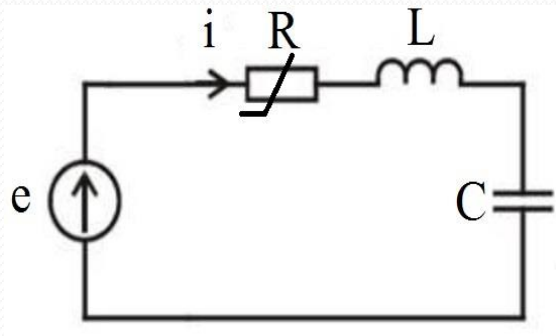
**а) затухающие гармонические колебания;**

**б) затухание по экспоненте**

- периодические колебания



**Периодические колебания напряжения и тока в ЭТЭС с РГ  
(активная нагрузка)**



$$u_R = R \cdot (i^3 + i)$$

$$u_R + u_L + u_C = e$$

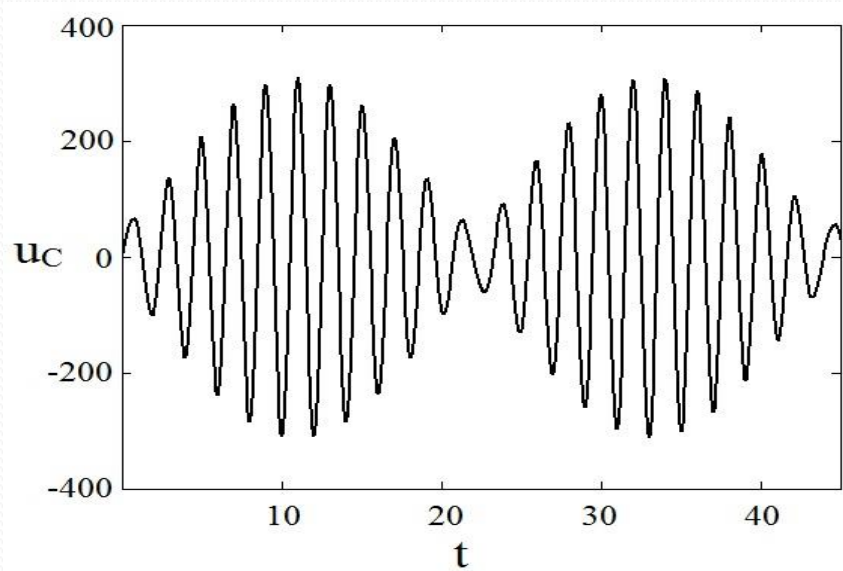
$$i = C \cdot \frac{du_C}{dt}, \quad u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$C \cdot L \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2} + R \cdot C \cdot \left( C^2 \cdot \left( \frac{du_C}{dt} \right)^3 + \frac{du_C}{dt} \right) + u_C = E \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$A_1 \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2} + A_2 \cdot \left( A_3 \cdot \left( \frac{du_C}{dt} \right)^3 + \frac{du_C}{dt} \right) + u_C = A_4 \cdot \sin(A_5 \cdot t)$$

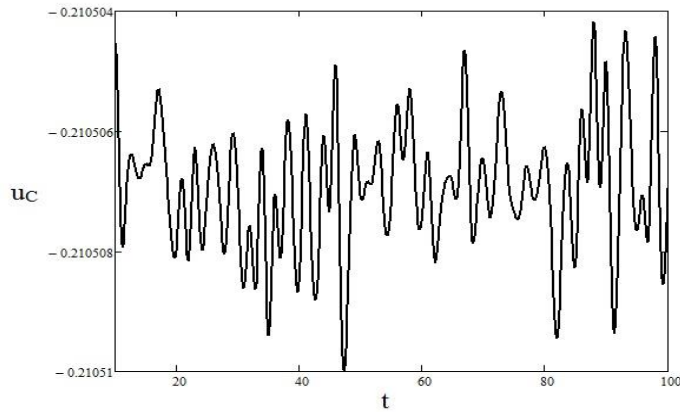
**Схема замещения системы  
электроснабжения потребителя**

- квазипериодические колебания (биения)



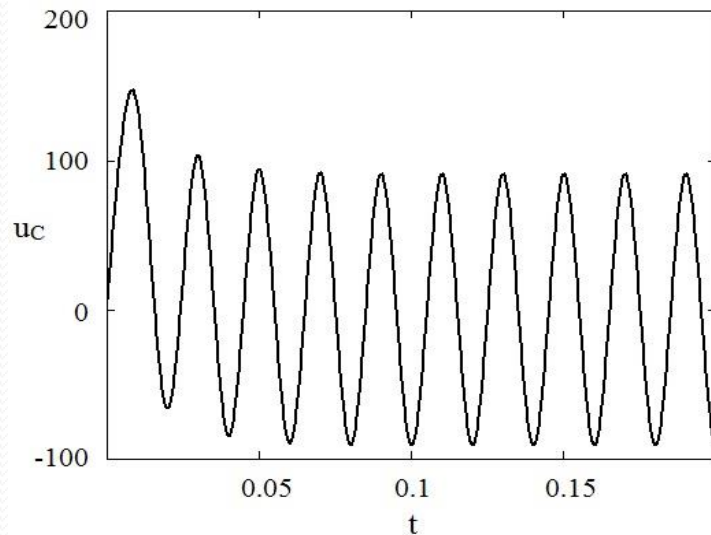
$[5 \cdot 10^{-6}; 5 \cdot 10^{-3}; 2,5 \cdot 10^{-9}; 220\sqrt{2}; 3]$

# - хаотические колебания



$[5 \cdot 10^{-4}; 5 \cdot 10^{-3}; 2,5 \cdot 10^{-9}; 220\sqrt{2}; 314,2]$

**Хаотические колебания  
напряжения на емкости**



$[5 \cdot 10^{-6}; 5 \cdot 10^{-3}; 2,5 \cdot 10^{-9}; 220\sqrt{2}; 314,2]$

**Подавление хаотических  
колебаний**



## Выводы:

1. Рассмотрены установившиеся режимы работы электросистем с РГ:

- положение равновесия
- периодические колебания
- квазипериодические колебания
- хаотические колебания

2. Показана возможность подавления хаотических колебаний



Спасибо за внимание!