

# Лекция

Тема: Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий.

## План занятия

- 1. Потребители реактивной мощности.**
- 2. Источники реактивной мощности**
- 3. Определение мощности батарей конденсаторов.**
- 4. Определение места установки конденсаторных установок.**

**Распределение мощности КУ  
напряжением до 1000В в сети  
предприятия**

Основными схемами внутрицехового ЭС (до 1000В) является:

– блок трансформатор-магистраль (один шинопровод с ответвлениями);

– радиально-магистральная схема, когда от трансформатора получает питание два магистральных шинопровода;

– радиальная схема с кабельными линиями.

В группе однотипных трансформаторов суммарная мощность НБК напряжением до 1000в распределяется пропорционально их реактивной нагрузке

**Распределение мощности КУ в схеме ШМА с ответвлениями.**

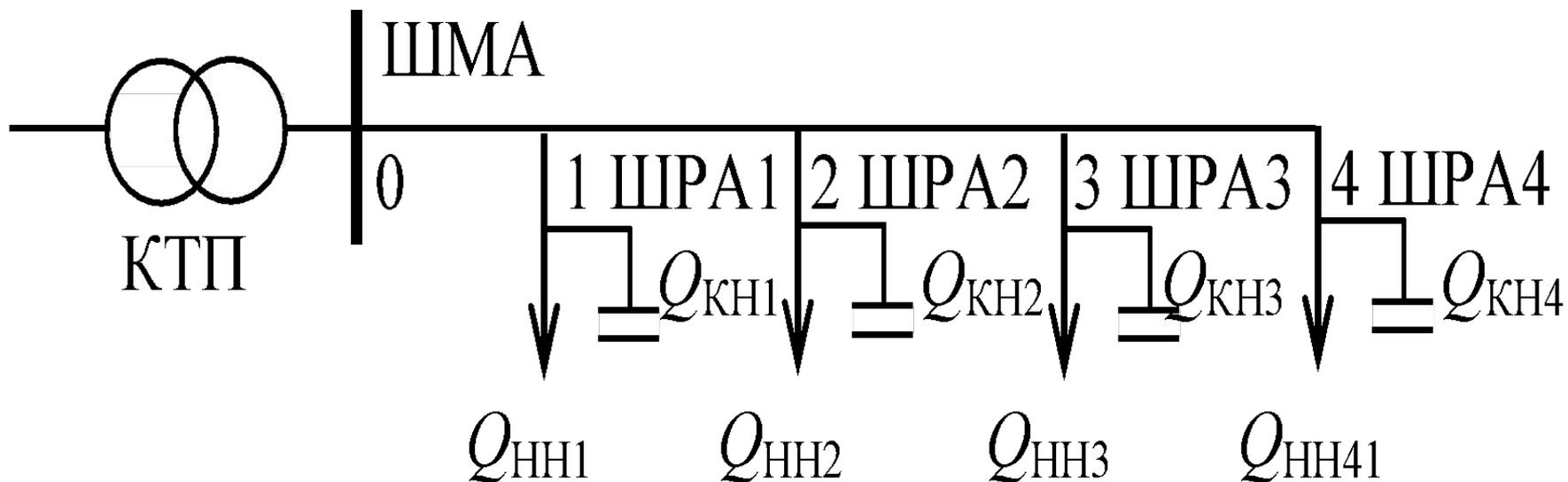
Рассматривают два случая:

а). Ответвления в виде ШРА

б). Ответвления виде отдельных нагрузок

# Ответвления в виде ШРА

Суммарная мощность КУ должна распределяться между ответвлениями (начиная с конца) таким образом, чтобы обеспечивалась полная компенсация реактивной мощности, но без перекомпенсации.



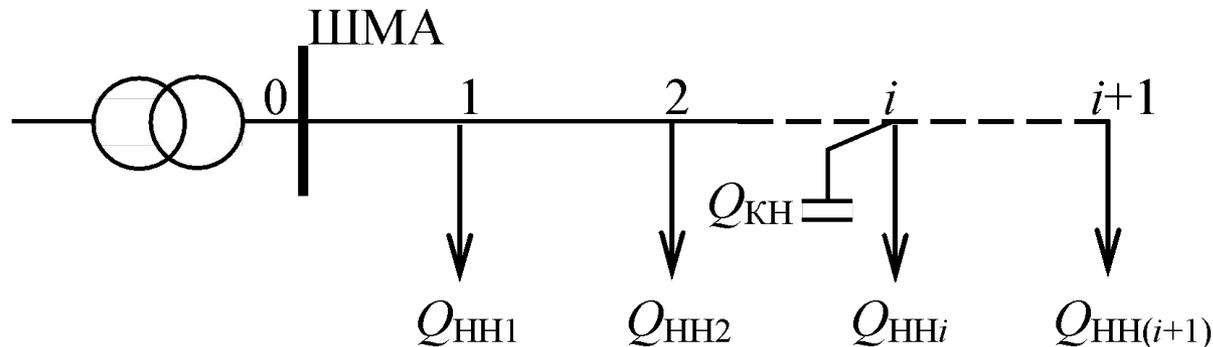
# Ответвления виде отдельных нагрузок

Если на шинопроводе предусмотрена только одна КУ мощностью, тогда точка ее присоединения в схеме определяется условиям

$$Q_{\text{нн}i} > Q_{\text{кн}} / 2 > Q_{\text{нн}(i+1)}$$

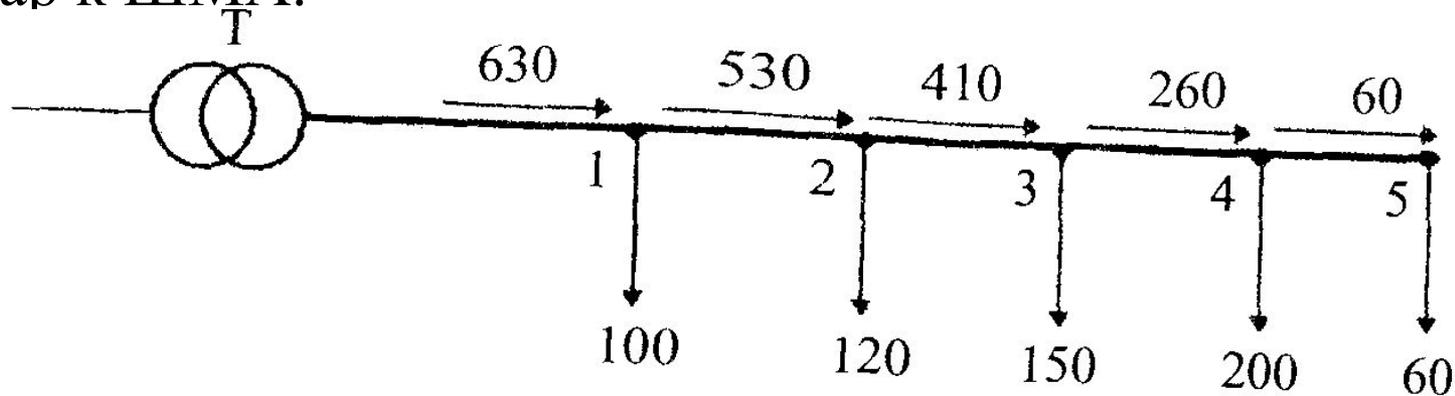
где  $Q_{\text{нн}i}$  – расчетная реактивная нагрузка пролета ШП перед узлом

$Q_{\text{нн}(i+1)}$  – расчетная реактивная нагрузка пролета ШП после узла



# Пример

- Определите место присоединения БНК мощностью 300 квар к ШМА.



узел 1  $630 > 300 / 2 < 530;$

узел 2  $530 > 300 / 2 < 410;$

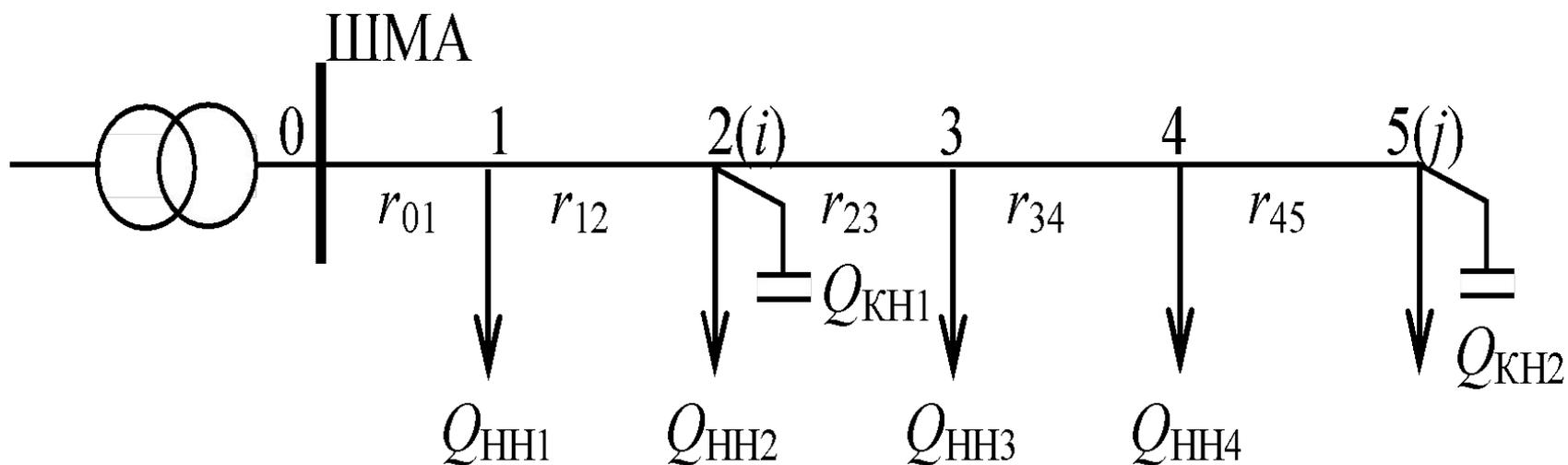
узел 3  $410 > 300 / 2 < 260;$

узел 4  $260 > 300 / 2 > 60;$

узел 5  $60 < 300 / 2 > 0.$

Условие выполняется в узел 4

При установке двух КУ суммарной мощности их мощность и точка присоединения определяется следующим образом:



1. Предварительно принимаем:

$$Q_{кн1} = Q_{кн2}$$

2. Находим точку присоединения дальней КУ

$$Q_{ннj} > Q_{кн2} > Q_{нн(j+1)}$$

$$Q_{ннj} > Q_{кн} / 2 > Q_{нн(j+1)}$$

3. Определяется точка присоединения ближней КУ

$$Q_{ннi} - Q_{кн2} > Q_{кн} / 4 > Q_{нн(i+1)} - Q_{кн2}$$

4. Уточняется мощность второй КУ

$$Q_{\text{кн}2} = \sum Q_{\text{нн}i} \cdot r_{\text{ш}i} / \sum r_{\text{ш}i}$$

где  $Q_{\text{нн}i}$  – реактивная нагрузка участков шинпровода между  $i$  и  $j$  узлами присоединения КУ;

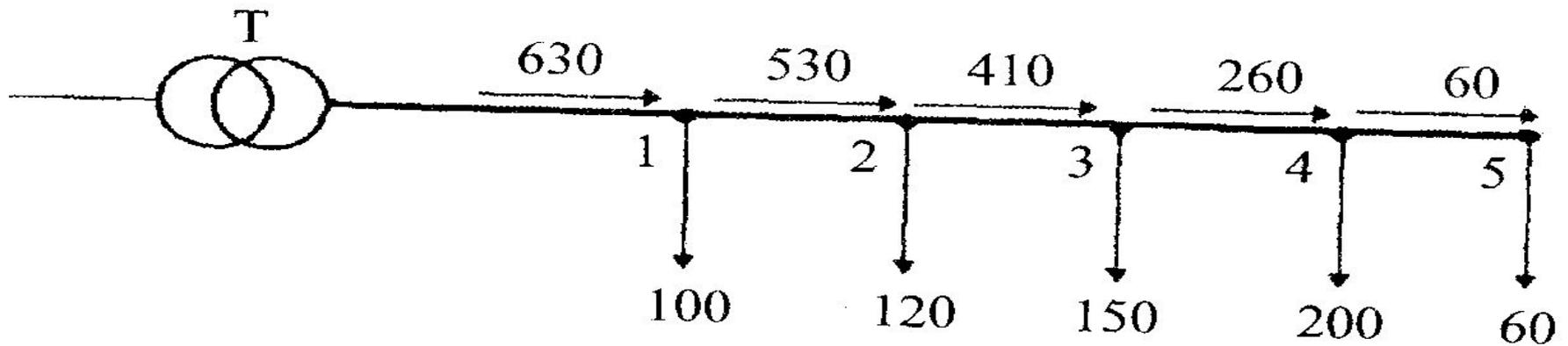
$r_{\text{ш}i}$  – сопротивление участков шинпровода между узлами.

*Допускается заменять соответствующими длинами участков.*

5. Уточняем расчетную мощность ближней КУ.

$$Q_{\text{кн}1} = Q_{\text{кн}} - Q_{\text{кн}2}$$

Определить точки присоединения к МШ  
двух БНК. Ближняя БНК имеет  
мощность 150 кВар, дальняя БНК 200  
квар.



Р е ш е н и е: 1.Находим место установки дальней БНК

$$\text{Узел 5 } 60 < 200 > 0$$

$$\text{Узел 4 } 260 > 200 > 60$$

$$\text{Узел 3 } 410 > 200 < 260$$

Таким образом, оптимальным местом подключения дальней БНК является узел 4.

2. Определяется место подключения к МШ ближней БНК

$$\text{Узел 1 } 630-200 > 150/2 < 530-200$$

$$\text{Узел 2 } 530-200 > 150/2 < 410-200$$

$$\text{Узел 3 } 410-200 > 150/2 > 260-200$$

$$\text{Узел 4 } 260-200 < 150/2 > 60-200$$

Ближняя БНК мощностью 150 квар должна быть подключена в узле 3.

Определить точки присоединения к МШ  
двух БНК общей мощностью 350 квар

1.  $Q_{нк}^1 = Q_{нк}^2 = 350/2 = 175$  квар

2. Определяем место установки  
дальней БНК

Узел 5  $60 < 175 > 0$

Узел 4  $260 > 175 > 60$

### 3. Определяем место установки ближней БНК

$$\text{Узел 1 } 630-175 > 175/2 < 530-175$$

$$\text{Узел 2 } 530-175 > 175/2 < 410-175$$

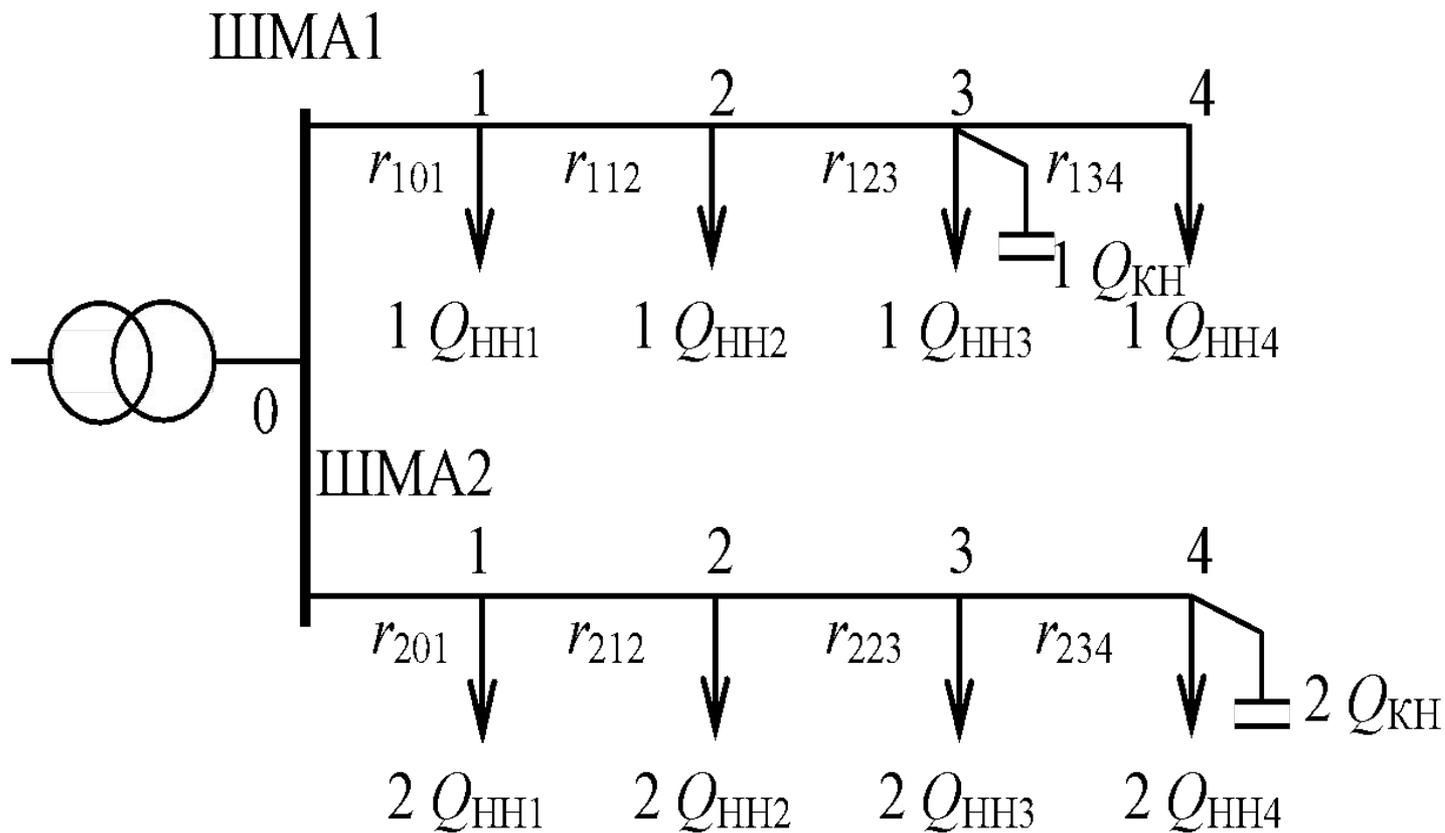
$$\text{Узел 3 } 410-175 > 175/2 > 260-200$$

### 4. Определяем мощность установок

$$Q_{\text{НК}}^2 = (60 \times 50 + 200 \times 50) / 260 = 123 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{НК}}^1 = 350 - 123 = 227 \text{ квар}$$

# Распределение мощности КУ для радиально – магистральной схемы



При определении суммарной мощности КУ между двумя ШМА расчет выполняется в следующем порядке:

1. Определяется эквивалентное сопротивление каждого шинпровода

$$r_{\text{ЭКВ}} = \sum r_i$$

2. Определяется реактивная нагрузка каждого шинпровода

$$Q_{\text{ЭКВ}1} = \sum Q_{\text{нн}i} \cdot r_i / \sum r_i$$

3. Определяется реактивная нагрузка всей схемы

$$Q_{\text{ЭКВ}} = Q_{\text{Э}_{\text{КВ1}}} + Q_{\text{Э}_{\text{КВ2}}}$$

4 Определим эквивалентное сопротивление расчетной схемы

5. Определяем реактивную ( не скомпенсированную) нагрузку через трансформатор

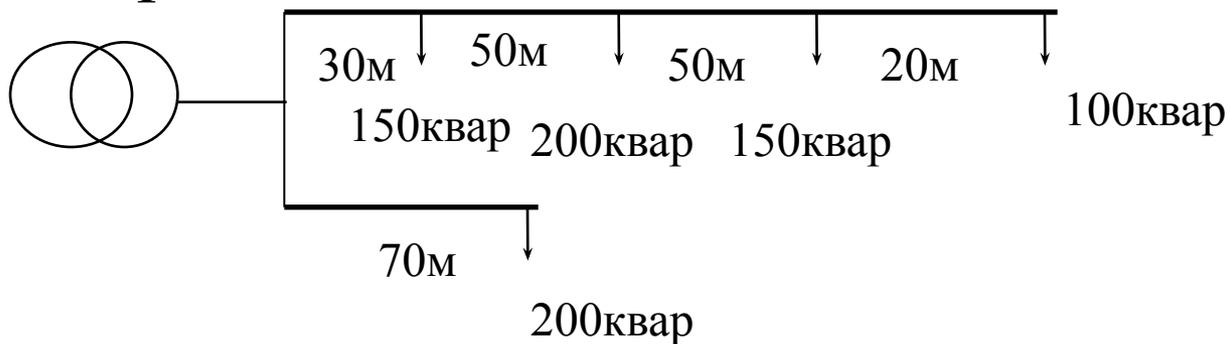
$$Q_{\text{Т}} = Q_{\text{ЭКВ}} - Q_{\text{КН}}$$

6. Определяем мощность КУ каждого шинопровода

$$Q_{\text{кн1}} = Q_{\text{экв1}} - Q_{\text{T}} \left( R_{\text{экв}} / r_{\text{экв1}} \right)$$

7. Определяем точку присоединения конденсаторной установки

Распределить суммарную мощность конденсаторов ( $Q_{\text{кн}\Sigma} = 300 \text{квар}$ ) между двумя магистральными шинопроводами



1. Эквивалентное сопротивление

$$r_1 = 20 + 50 + 50 + 30 = 150 \text{ м} \quad r_2 = 70 \text{ м}$$

2. Определяем эквивалентную реактивную нагрузку каждого шинпровода

$$Q_{\text{ЭКВ1}} = (100 \times 20 + 250 \times 50 + 450 \times 50 + 600 \times 30) / 150 = 367 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{ЭКВ2}} = 200 \text{ квар}$$

3. Определяется реактивная нагрузка всей СХЕМЫ

$$Q_{\text{ЭКВ}} = Q_{\text{ЭКВ1}} + Q_{\text{ЭКВ2}} = 367 + 200 = 567 \text{ квар}$$

4 Определим эквивалентное сопротивление расчетной схемы

$$R_{\text{ЭКВ}} = 1 / ( 1/150+1/70) =45,5$$

5. Определяем реактивную ( не скомпенсированную) нагрузку через трансформатор

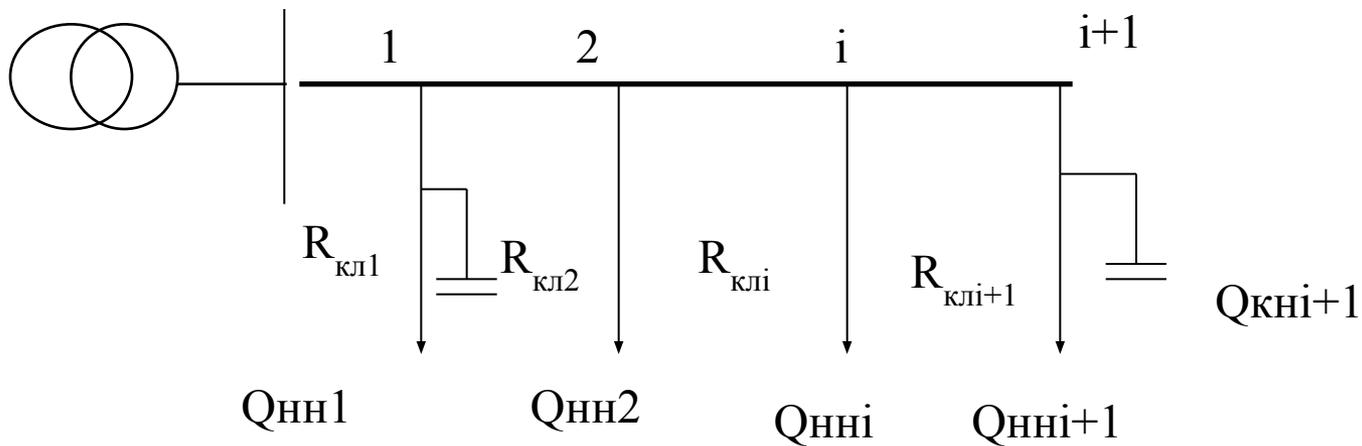
$$Q_T = Q_{\text{ЭКВ}} - Q_{\text{КН}}=567-300=267$$

6. Определяем мощность КУ каждого шинопровода

$$Q_{\text{КН1}} = Q_{\text{ЭКВ1}} - Q_T (R_{\text{ЭКВ}} / r_{\text{ЭКВ1}}) = 367-267(45,5/150)=186 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{КН2}} = 300-186=114 \text{ квар}$$

# Распределение мощности КУ для схемы с радиальными линиями



Допускается распределение мощности КУ между кабельными линиями пропорционально их реактивной нагрузке при условии:

- если длина радиальных линий менее 100м;
- при любых длинах радиальных линий, если разница между их сопротивлениями не превышает 200%.

Если это условие не выполняется, распределение мощности КУ между кабельными линиями выполняется по формуле:

$$Q_{кнi} = Q_{ннi} - (Q_{нн} - Q_{кн}) (R_{экв} / r_i)$$

$Q_{ннi}$  – расчетная реактивная нагрузка радиальной линии;

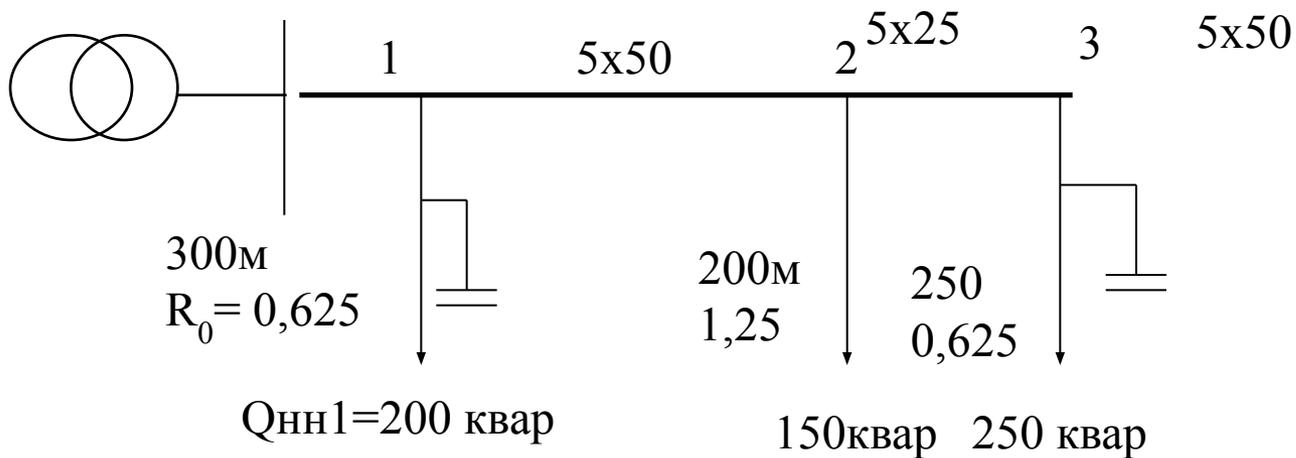
$Q_{нн}$  – суммарная реактивная нагрузка трансформатора;

$Q_{кн}$  – суммарная мощность компенсирующих устройств на напряжение до 1000 В

$R_{экв}$  – эквивалентное сопротивление расчетной схемы;

$r_i$  – активное сопротивление радиальной линии.

Распределить суммарную мощность конденсаторов ( $Q_{\text{кн}\Sigma} = 300 \text{квар}$ )  
 между радиальными линиями



1. Определяем сопротивление каждой линии

$$R_1 = 0,625 \times 0,3 = 0,188 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 1,25 \times 0,2 = 0,25 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 0,625 \times 0,25 = 0,157 \text{ Ом}$$

2. Определяем эквивалентное сопротивление системы

$$R_{\text{э}} = 1 / (1 / 0,188 + 1 / 0,25 + 1 / 0,157) = 0,064 \text{ Ом}$$

3. Определяем НКУ по линиям

$$Q_{\text{кн1}} = Q_{\text{нн i}} - (Q_{\text{нн}} - Q_{\text{кн}}) (R_{\text{экв}} / r_i) =$$

$$200 - (600 - 300) 0,064 / 0,188 = 97,9$$

$$Q_{\text{кн2}} = 150 - (600 - 300) 0,064 / 0,25 = 73,3$$

$$Q_{\text{кн3}} = 250 - (600 - 300) 0,064 / 0,157 = 127,8$$

**Оптимальное расстояние от шин  
напряжением до 1000В КТП до  
точки присоединения  
конденсаторной установки**

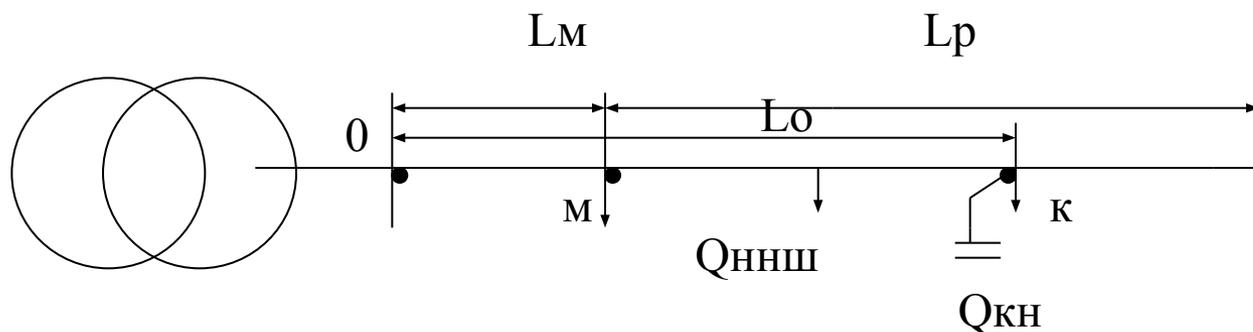
Определяется по формуле:

$$L_0 = L_M + \left( 1 - \frac{Q_{кн}}{2 Q_{нш}} \right) L_p$$

где  $L_M$  - длина до магистрального шинпровода

$L_p$  – длина распределительной части шинпровода;

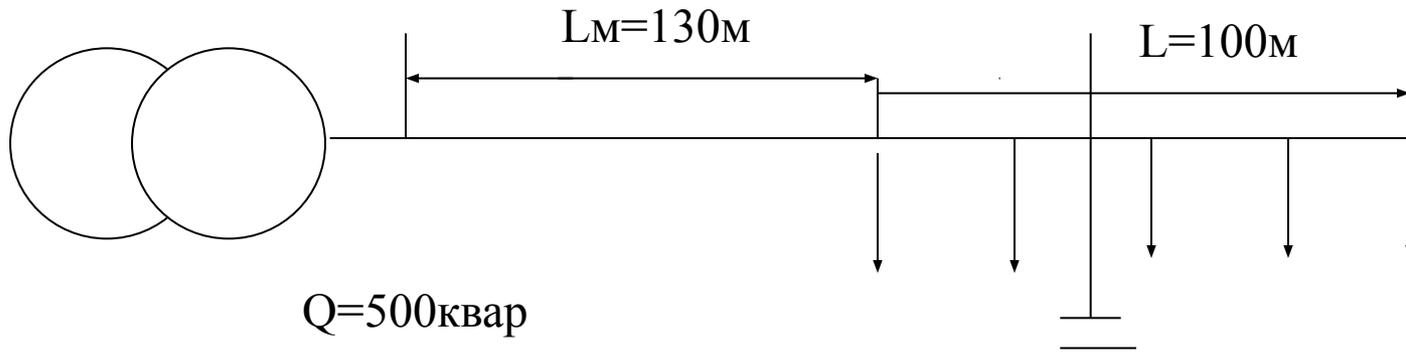
$Q_{нш}$  – суммарная расчетная реактивная нагрузка шинпровода.



# Пример

Нагрузка участка цеха, присоединенного к шинопроводу длиной 230 м и равномерно распределена на его участке длиной  $L=100\text{м}$ , длина магистральной части шинопровода (до начала ответвлений)  $L_m = 130\text{м}$ , суммарная реактивная мощность нагрузки  $Q = 500\text{квар}$ . Расчетная оптимальная мощность установленной батареи конденсаторов  $Q_c = 400\text{квар}$ .

Определить расстояние от ТП до места установки батареи конденсаторов из условия минимума потерь в шинопроводе.



$$L_o = L_M + (1 - Q_c / 2Q) L$$

$$L_o = 130 + (1 - 400 / 2 \times 500) \times 100 = 190\text{M}$$