

**Дано:**

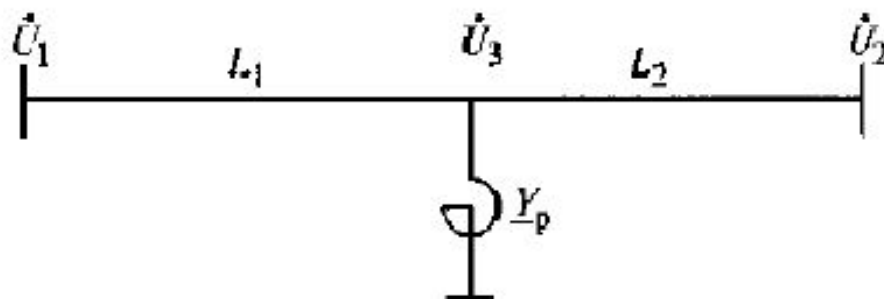
	$N$ - номер варианта
номинальное напряжение линии:	$U_{ном} := 500$ кВ
длина первого участка линии:	$L_1 := 300 + 10 \cdot N$ км
длина второго участка линии:	$L_2 := 320 + 20 \cdot N$ км
мощность нагрузки линии:	$P_{нагр} = 0.4 P_{нат}$ (режим малых нагрузок)
коэффициент мощности нагрузки:	$\cos \varphi_{нагр} := 0.9$ - для четных вариантов
коэффициент мощности нагрузки:	$\cos \varphi_{нагр} := 0.85$ - для нечетных вариантов
напряжение в конце линии:	$U_2 := 498$ кВ - для четных вариантов
напряжение в конце линии:	$U_2 := 496$ кВ - для нечетных вариантов

В промежуточной точке линии включена группа однофазных шунтирующих реакторов РОДЦ-60000/500.

Линия выполнена проводом АС 500/64 с расщеплением фазы на  $n := 3$  провода, расстояние между центрами расщеплённых фаз по горизонтали  $D := 12$  м, расщеплённые провода расположены по вершинам равностороннего треугольника со стороной  $a_{сп} := 40$  см.

Вся линия выполнена одинаковым проводом, на всём протяжении трассы имеет одинаковую конструкцию фаз и проложена на одинаковых опорах.

- Найти:**
- напряжение в точке включения реактора  $U_3$
  - распределение напряжения по линии  $U(Lx)$
  - распределение реактивной мощности по линии  $Q(Lx)$



1. Среднегеометрическое расстояние между центрами расщеплённых фаз:

$$D_{\text{ср}} := 1.26 \cdot D = 15.12 \text{ м}$$

2. Радиус провода АС 500/64 составляет  $r_{\text{пр}} := 15.1 \text{ мм}$ .

3. Эквивалентный радиус расщеплённой фазы:

$$r_{\text{экв}} := \sqrt[n]{r_{\text{пр}} \cdot (a_{\text{ср}} \cdot 10)^{n-1}} = 134.183 \text{ мм}$$

4. Погонное индуктивное сопротивление:

$$x_0 := 0.144 \cdot \log\left(\frac{D_{\text{ср}} \cdot 10^3}{r_{\text{экв}}}\right) + \frac{0.016}{n} = 0.301 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$$

5. Погонная ёмкостная проводимость:

$$b_0 := \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\log\left(\frac{D_{\text{ср}} \cdot 10^3}{r_{\text{экв}}}\right)} = 3.694 \times 10^{-6} \frac{\text{См}}{\text{км}}$$

6. Коэффициент изменения фазы электромагнитной волны при её перемещении вдоль идеализированной линии:

---

$$\beta_0 := \sqrt{x_0 \cdot b_0} = 1.054 \times 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{км}}$$

7. Волновое сопротивление идеализированной линии:

$$Z_{\text{в}} := \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} = 285.35 \text{ Ом}$$

8. Естественная мощность линии:

$$P_{\text{нат}} := \frac{U_{\text{ном}}^2}{Z_{\text{в}}} = 876.118 \text{ МВт}$$

9. Мощность нагрузки:

$$P_{\text{нагр}} := 0.4 \cdot P_{\text{нат}} = 350.447 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{нагр}} := P_{\text{нагр}} \cdot \tan(\arccos(\text{COSF}_{\text{нагр}})) = 169.729 \text{ МВАр}$$

10. Комплексно-сопряжённое значение линейного тока конца линии:

$$I_2' := \frac{P_{\text{нагр}} + Q_{\text{нагр}}i}{U_2} = 0.704 + 0.341i \text{ кА}$$

11. Линейный ток конца линии:

$$I_2 := \text{Re}(I_2') - \text{Im}(I_2')i = 0.704 - 0.341i \text{ кА}$$

12. Распределение напряжения вдоль второго участка линии (длина участка отсчитывается от его конца):

$$L_x := 0..L_2 \text{ км}$$

$$U''(L_x) := U_2 \cdot \cos(\beta_0 \cdot L_x) + I_2 \cdot Z_B \cdot \sin(\beta_0 \cdot L_x) i \text{ кВ}$$

13. Напряжение в точке включения реактора, найденное по данным конца линии:

$$U_3 := U''(L_2) = 502.122 + 66.459i \text{ кВ}$$

$$|U_3| = 513.209 \text{ кВ}$$

14. Распределение тока вдоль второго участка линии и его комплексно-сопряжённая величина:

$$I''(L_x) := I_2 \cdot \cos(\beta_0 \cdot L_x) + \frac{U_2}{Z_B} \cdot \sin(\beta_0 \cdot L_x) i \text{ кА}$$

$$I'''(L_x) := \text{Re}(I''(L_x)) - \text{Im}(I''(L_x))i \text{ кА}$$

15. Распределение мощности вдоль второго участка линии:

$$S''(L_x) := U''(L_x) \cdot I'''(L_x) \text{ МВА}$$

16. Распределение реактивной мощности вдоль второго участка линии:

$$Q''(L_x) := \text{Im}(S''(L_x)) \text{ МВАр}$$

17. Реактивная мощность в точке включения реактора:

$$Q_3 := Q''(L_2) = -84.409 \text{ МВАр}$$

18. Мощность, потребляемая группой однофазных реакторов РОДЦ-60000/500:

$$Q_p := 3 \cdot 60 = 180 \text{ МВАр}$$

19. Реактивная мощность в конце первого участка линии:

$$Q_{k1} := Q_3 + Q_p = 95.591 \text{ МВАр}$$

20. Активная мощность в начале первого участка линии:

$$P_{k1} := \text{Re}(S''(L_2)) = 350.447 \text{ МВт}$$

21. Комплексно-сопряжённое значение линейного тока конца первого участка линии:

$$I_{k1}' := \frac{P_{k1} + Q_{k1}i}{U_3} = 0.711 + 0.096i \text{ кА}$$

22. Линейный ток конца первого участка линии:

$$I_{k1} := \text{Re}(I_{k1}') - \text{Im}(I_{k1}')i = 0.711 - 0.096i \text{ кА}$$

23. Распределение напряжения вдоль первого участка линии (длина участка отсчитывается от места включения реактора):

$$L_x := 0..L_1 \text{ км}$$

$$U'(L_x) := U_3 \cdot \cos(\beta_0 \cdot L_x) + I_{k1} \cdot Z_b \cdot \sin(\beta_0 \cdot L_x) i \text{ кВ}$$

24. Напряжение в начале линии, найденное по данным его конца:

$$U_1 := U'(L_1) = 485.769 + 126.231i \text{ кВ}$$

$$|U_1| = 512.244 \text{ кВ}$$

25. Распределение тока вдоль первого участка линии и его комплексно-сопряжённая величина:

$$I'(Lx) := I_{k1} \cdot \cos(\beta 0 - Lx) + \frac{U_3}{Z_B} \cdot \sin(\beta 0 - Lx) i \quad \text{кА}$$

$$I^{*'}(Lx) := \text{Re}(I'(Lx)) - \text{Im}(I'(Lx)) i \quad \text{кА}$$

26. Распределение мощности вдоль первого участка линии:

$$S'(Lx) := U'(Lx) \cdot I^{*'}(Lx) \quad \text{МВА}$$

27. Распределение реактивной мощности вдоль первого участка линии:

$$Q'(Lx) := \text{Im}(S'(Lx)) \quad \text{МВАр}$$

28. Реактивная мощность в начале линии:

$$Q_1 := Q'(L_1) = -145.256 \quad \text{МВАр}$$

$$L := \text{massiv}_0$$

$$U := \text{massiv}_1$$

$$U_{\text{донmin}} := \text{massiv}_2$$

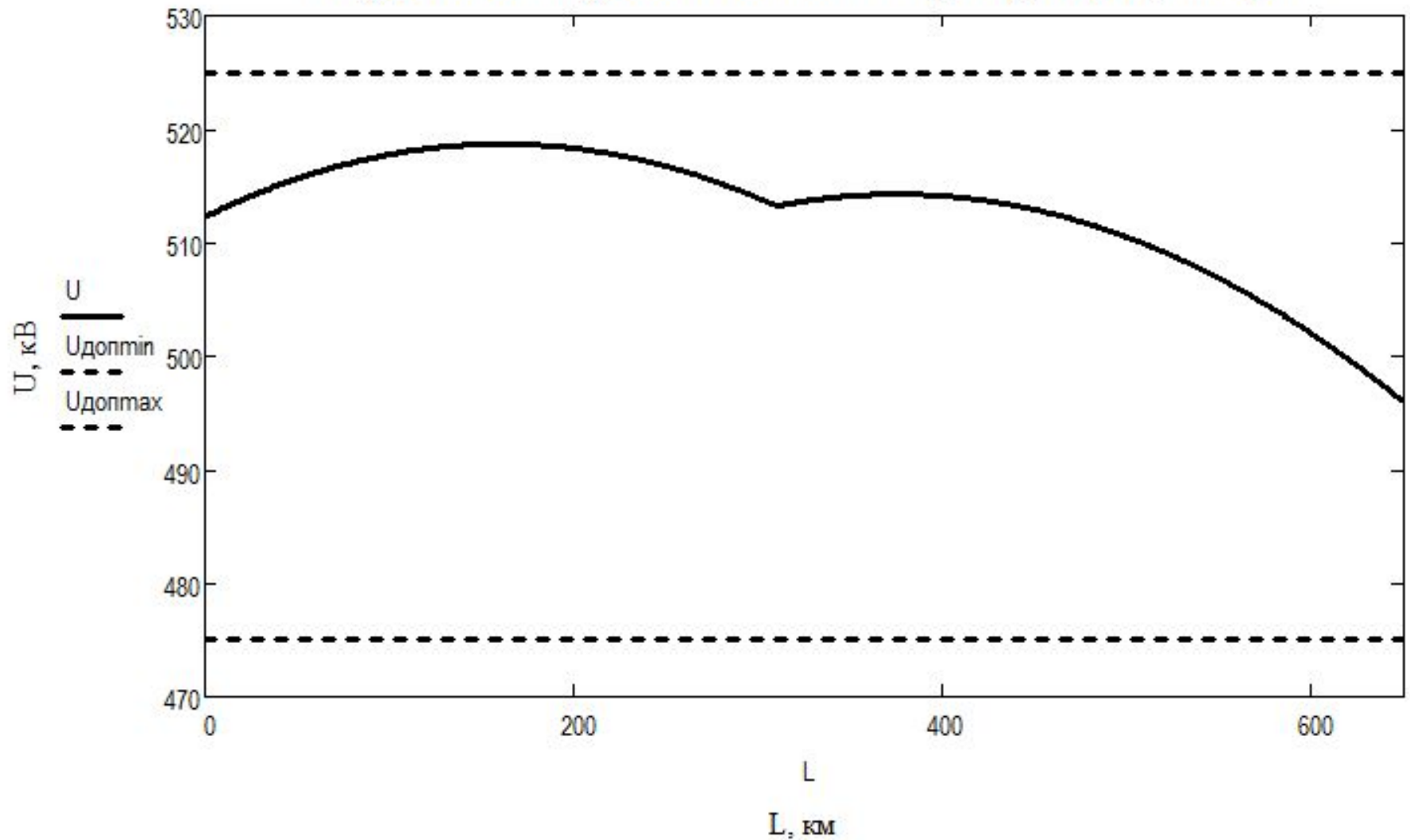
$$U_{\text{донmax}} := \text{massiv}_3$$

$$Q := \text{massiv}_4$$

```

massiv :=
  L ← L1 + 1
  for i ∈ 0..L1
    | L ← L - 1
    | Ui ← |U'(L)|
    | Uминi ← 475
    | Uмаксi ← 525
    | Qi ← Q'(L)
    | Ii ← i
  L ← L2 + 1
  for i ∈ L1 + 1..L1 + L2 + 1
    | L ← L - 1
    | Ui ← |U''(L)|
    | Uминi ← 475
    | Uмаксi ← 525
    | Qi ← Q''(L)
    | Ii ← i - 1
  (
    I
    U
    Uмин
    Uмакс
    Q
  )
  
```

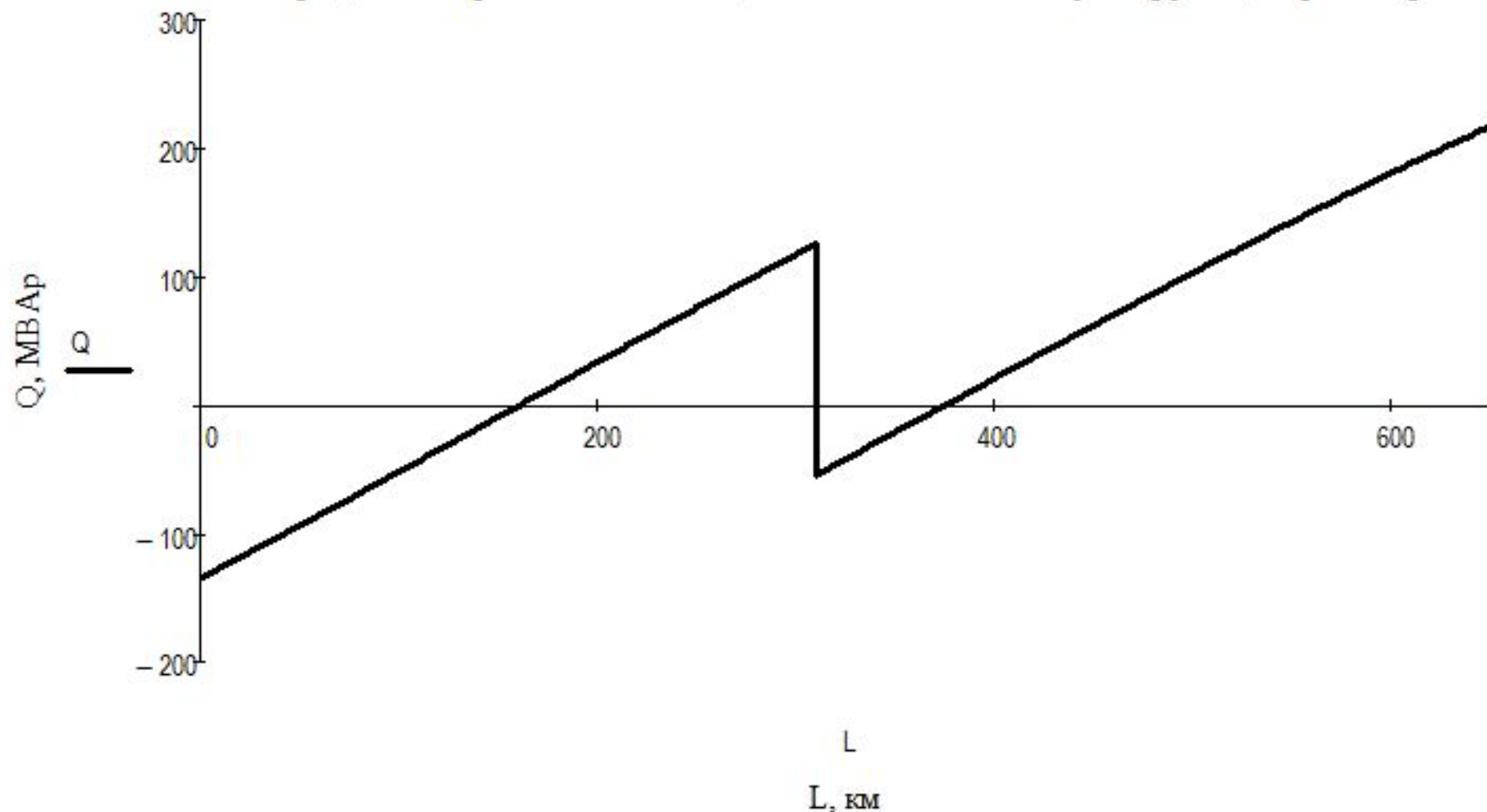
## Распределение напряжения по линии с шунтирующим реактором



**Вывод:** 1. включение шунтирующего реактора в промежуточной точке линии приводит к [REDACTED] напряжения в данной точке, но не исключает [REDACTED] напряжения в промежуточной точке каждого из участков линии;

2. в данном случае экстремальные значения напряжения [REDACTED] величины предельно допустимого напряжения и принимать меры по снижению напряжения в соответствующих точках [REDACTED]

## Распределение реактивной мощности по линии с шунтирующим реактором



**Вывод:** 1. снижение напряжения в точке включения реактора является следствием реактором реактивной мощности линии в данной точке;

2. в точках потокораздела реактивных мощностей напряжение достигает на соответствующем участке величины.