**Дано:**

N - номер варианта

| | |
|---|---|
| номинальное напряжение линии: | Uном := 500 кВ |
| длина первого участка линии: | L1 := 300 + 10·N км |
| длина второго участка линии: | L2 := 320 + 20·N км |
| мощность нагрузки линии: | Pнагр = 0.4Pнат (режим малых нагрузок) |
| коэффициент мощности нагрузки: | COSFIнагр := 0.9 - для четных вариантов |
| коэффициент мощности нагрузки: | COSFIнагр := 0.85 - для нечетных вариантов |
| напряжение в конце линии: | U2 := 498 кВ - для четных вариантов |
| напряжение в конце линии: | U2 := 496 кВ - для нечетных вариантов |

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

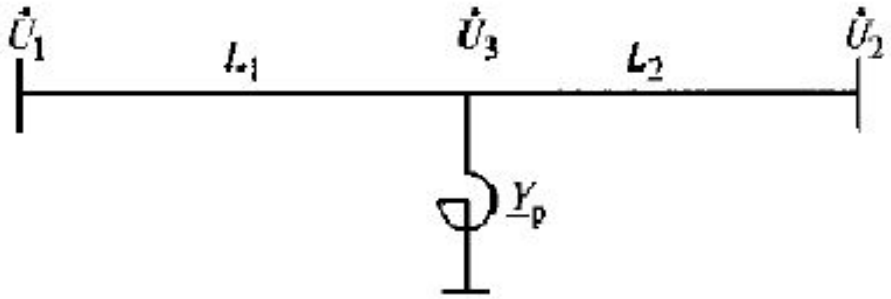
Линия выполнена проводом АС 500/64 с расщеплением фазы на n := 3 провода, расстояние между центрами расщеплённых фаз по горизонтали D := 12 м, расщеплённые провода расположены по вершинам равностороннего треугольника со стороной aср := 40 см.

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

**Найти:** напряжение в точке включения реактора U3

распределение напряжения по линии U(Lx)

распределение реактивной мощности по линии Q(Lx)



1. Среднегеометрическое расстояние между центрами расщеплённых фаз:

$$Dср := 1.26 \cdot D = 15.12 \quad м$$

2. Радиус провода АС 500/64 составляет $rпр := 15.1$ мм.

3. Эквивалентный радиус расщеплённой фазы:

$$rэкв := \sqrt[n]{rпр \cdot (aср \cdot 10)^{n-1}} = 134.183 \quad мм$$

4. Погонное индуктивное сопротивление:

$$x0 := 0.144 \cdot \log\left(\frac{Dср \cdot 10^3}{rэкв}\right) + \frac{0.016}{n} = 0.301 \quad \frac{Ом}{км}$$

5. Погонная ёмкостная проводимость:

$$b0 := \frac{7.58 \cdot 10^{-6}}{\log\left(\frac{Dср \cdot 10^3}{rэкв}\right)} = 3.694 \times 10^{-6} \quad \frac{См}{км}$$

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

$$\beta 0 := \sqrt{x0 \cdot b0} = 1.054 \times 10^{-3} \quad \frac{рад}{км}$$

7. Волновое сопротивление идеализированной линии:

$$Zв := \sqrt{\frac{x0}{b0}} = 285.35 \quad Ом$$

8. Натуральная мощность линии:

$$Pнат := \frac{Uном^2}{Zв} = 876.118 \quad МВт$$

9. Мощность нагрузки:

$$Pнагр := 0.4 \cdot Pнат = 350.447 \quad МВт$$

$$Qнагр := Pнагр \cdot \tan(\mathrm{acos}(COSFIнагр)) = 169.729 \quad МВАр$$

10. Комплексно-сопряжённое значение линейного тока конца линии:

$$I2' := \frac{Pнагр + Qнагр i}{U2} = 0.704 + 0.341i \quad кА$$

11. Линейный ток конца линии:

$$I2 := \mathrm{Re}(I2') - \mathrm{Im}(I2')\, i = 0.704 - 0.341i \quad кА$$

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

$$Lx := 0 .. L2 \quad км$$

$$U''(Lx) := U2 \cdot \cos(\beta 0 \cdot Lx) + I2 \cdot Zв \cdot \sin(\beta 0 \cdot Lx)\, i \quad кВ$$

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

$$U3 := U''(L2) = 502.122 + 66.459i \quad кВ$$

$$|U3| = 513.209 \quad кВ$$

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

$$I''(Lx) := I2 \cdot \cos(\beta 0 \cdot Lx) + \frac{U2}{Zв} \cdot \sin(\beta 0 \cdot Lx)\, i \quad кА$$

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

15. Распределение мощности вдоль второго участка линии:

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

16. Распределение реактивной мощности вдоль второго участка линии:

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

17. Реактивная мощность в точке включения реактора:

$$Q3 := Q''(L2) = -84.409 \quad \text{МВАр}$$

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

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

19. Реактивная мощность в конце первого участка линии:

$$Qк1 := Q3 + Qp = 95.591 \quad \text{МВАр}$$

20. Активная мощность в начале первого участка линии:

$$Pк1 := \mathrm{Re}(S''(L2)) = 350.447 \quad \text{МВт}$$

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

$$Iк1' := \frac{Pк1 + Qк1i}{U3} = 0.711 + 0.096i \quad \text{кА}$$

22. Линейный ток конца первого участка линии:

$$Iк1 := \mathrm{Re}(Iк1') - \mathrm{Im}(Iк1')\,i = 0.711 - 0.096i \quad \text{кА}$$

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

$$Lx := 0 .. L1 \quad \text{км}$$

$$U'(Lx) := U3 \cdot \cos(\beta 0 \cdot Lx) + Iк1 \cdot Zв \cdot \sin(\beta 0 \cdot Lx)\,i \quad \text{кВ}$$

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

$$U1 := U'(L1) = 485.769 + 126.231i \quad \text{кВ}$$

$$|U1| = 512.244 \quad \text{кВ}$$

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

$$I'(Lx) := Iк1 \cdot \cos(\beta 0 \cdot Lx) + \frac{U3}{Zв} \cdot \sin(\beta 0 \cdot Lx)\, i \quad кА$$

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

26. Распределение мощности вдоль первого участка линии:

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

27. Распределение реактивной мощности вдоль первого участка линии:

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

28. Реактивная мощность в начале линии:

$$Q1 := Q'(L1) = -145.256 \quad МВАр$$

```
massiv := | L ← L1 + 1
          | for i ∈ 0 .. L1
          |   | L ← L − 1
          |   | U_i ← |U'(L)|
          |   | Umin_i ← 475
          |   | Umax_i ← 525
          |   | Q_i ← Q'(L)
          |   | I_i ← i
          | L ← L2 + 1
          | for i ∈ L1 + 1 .. L1 + L2 + 1
          |   | L ← L − 1
          |   | U_i ← |U''(L)|
          |   | Umin_i ← 475
          |   | Umax_i ← 525
          |   | Q_i ← Q''(L)
          |   | I_i ← i − 1
          | ( I, U, Umin, Umax, Q )
```

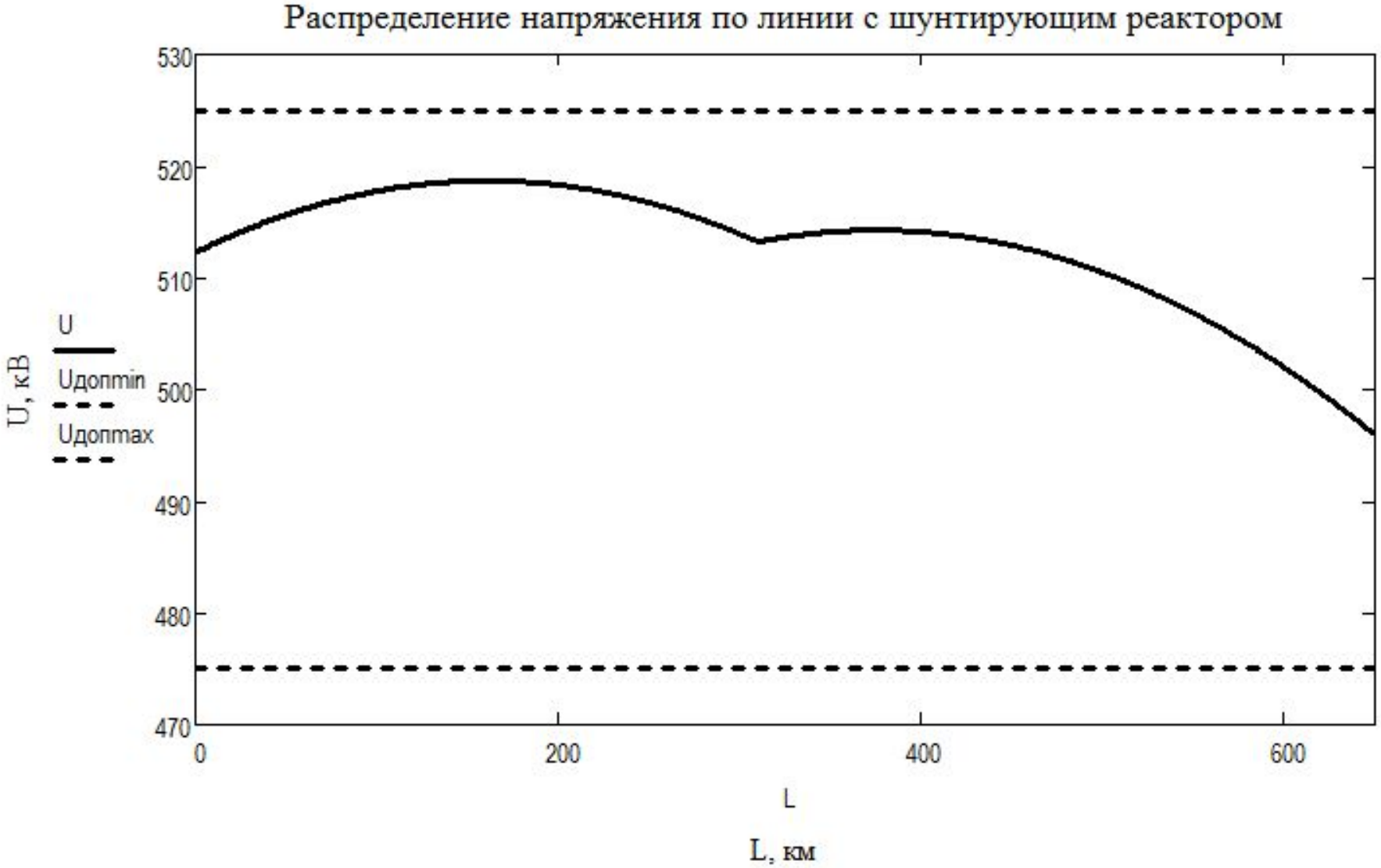
$L := massiv_0$

$U := massiv_1$

$Uдопmin := massiv_2$

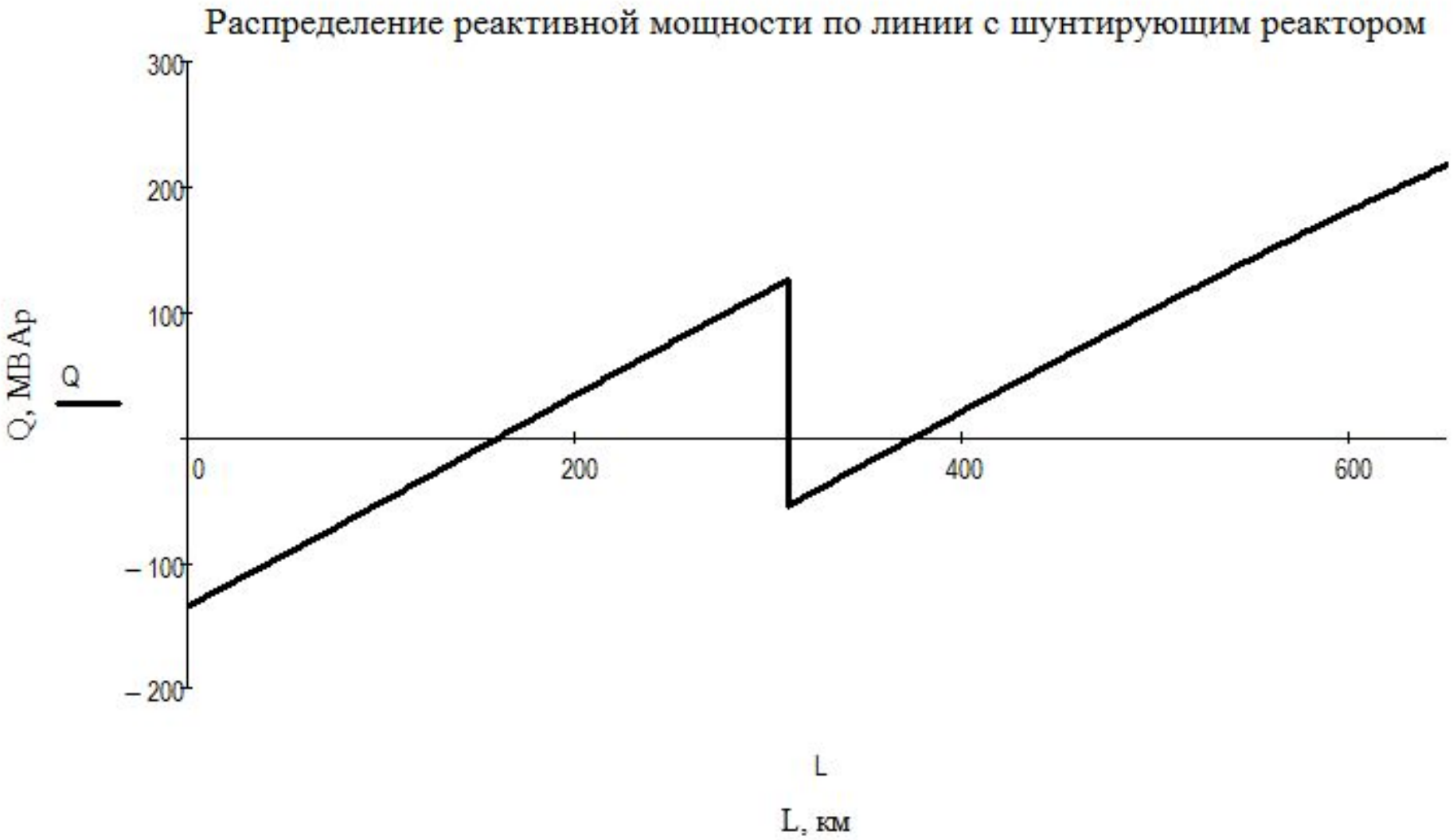
$Uдопmax := massiv_3$

$Q := massiv_4$




**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]




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

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