# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Отчёт по практической работе должен содержать решение задачи (образец оформления решения задачи приведен в Приложении 1).

Отчёт оформляют на листе формата А4 (по возможности с использованием оформления ПЭВМ).

Таблица 1

Исходные данные для расчета распределения напряжения и тока в режиме холостого хода и короткого замыкания.

**Исходные данные для расчета первичных параметров однородной длинной линии**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | 4 | 5 |
| Длина линии, *l, км* | 24 | 73 |
| Волновом сопротивлении, 𝑍 в , Ом | 1408,57𝑒−𝑗14=  =1366,73-  -j340,76 | 594,06𝑒−𝑗6 =  =590,81-j62,09 |
| Коэффициент распространения на единицу длины однородной линии,  𝛾, 1/км | 0,070𝑒𝑗75 =  =0,0181+  +j0,0676 | 0,134𝑒𝑗82 =  =0,0186+  +j0,1327 |
| Частота сигнала, *f, Гц*  𝜔*,*с−1 | 1500  9420 | 3000  18840 |
| Напряжение источника питания ,  𝑈1𝑚, В | 115000 | 115000 |

## Исходные данные:

По заданным вторичным параметрам однородной длинной линии длиной *l* км, волновом сопротивлении 𝑍в Ом, коэффициенте распространения однородной линии 𝛾 1⁄км

и частоте *f* Гц (см. таблицу 1 «Исходные данные для расчета распределения напряжения и тока в режиме холостого хода и короткого замыкания») построить эпюры распределения напряжения и тока вдоль линии для случаев короткого замыкания, холостого хода и согласованной нагрузки, если напряжение источника питающего линию изменяется по закону u = 𝑈1𝑚sin 𝜔𝑡, где 𝑈1𝑚 = 115000 В.

Определить, при какой частоте в заданной линии будет укладываться одна четверть

волны (*l* = 𝜆).

4

Таблица

|  |  |
| --- | --- |
| Длина линии, *l, км* | 100 |
| Волновом сопротивлении, 𝑍 в , Ом | 450𝑒−𝑗18 |
| Коэффициент распространения на единицу длины однородной линии,  𝛾, 1/км | 1,13·10−3𝑒𝑗71 |
| Частота сигнала, *f,* Гц | 50 |
| Напряжение источника питания , 𝑈1𝑚, В | 115000 |

## Решение:

1. Найдем распределение напряжения и тока вдоль линии при холостом ходе. Воспользуемся уравнениями передачи однородной длинной линии для комплексных

действующих значений напряжения 𝑈 𝑥 и тока 𝐼𝑥 с гиперболическими функциями в

произвольном сечении *х* линии через комплексные действующие значения напряжения 𝑈 1

и тока 𝐼1

в начале линии

𝑈 𝑥 = 𝑈 1 ch 𝛾𝑥 − 𝐼1 𝑍в sh 𝛾𝑥

{

𝐼𝑥

= 𝐼1

ch 𝛾𝑥 − 𝑈 1 sh 𝛾𝑥 . (1)

𝑍в

Подставив в выражения (1) вместо комплексных действующих значений

напряжения 𝑈 1 и тока 𝐼1 в начале линии комплексные действующие значения напряжения

𝑈 10 и тока 𝐼10 в начале линии при холостом ходе, будем иметь

𝑈 𝑥 = 𝑈 10 ch 𝛾𝑥 − 𝐼10𝑍в sh 𝛾𝑥

{

𝐼𝑥

= 𝐼10

ch 𝛾𝑥 − 𝑈 10 sh 𝛾𝑥 . (2)

𝑍в

Определим действующее значение тока в начале линии при холостом ходе

𝐼 = 𝑈 10 = 115000

= 15,9 𝑒𝑗89, А

10 𝑍10

√3 · 4180𝑒−𝑗89

где 𝑈 10 = |𝑈10|𝑒𝑗𝜓1𝑢|𝑈10|𝑒𝑗𝜓1𝑢|, при 𝜓1𝑢= 0 равно |𝑈10| = 115000 = 66500, В – действующее значение напряжения в начале линии при холостом ходе;

√3

𝑍 = 𝑍

= 𝑍в = 450𝑒−𝑗18·0,994𝑒𝑗12′ = 4180𝑒−𝑗89, Ом - входное сопротивление линии в

10 вх.хх

𝑡ℎ𝛾𝑙

0,107𝑒𝑗71

режиме холостого хода.

Для сечений линии с координатами х = 0; 25; 50; 75 и 100 км , отсчитываемых от её начала, определяем 𝛾х; sh𝛾х; и ch𝛾х, которые входят в выражения (2).

Результаты расчетов сведены в таблицу 1

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| х, км | 𝛾х | sh𝛾х | ch𝛾х |
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 25 | 0,0088+j0,0268 | 0,028𝑒𝑗90 | 1 |
| 50 | 0,0176+j0,0536 | 0,00176+j0,059=0,059𝑒𝑗88 | 0,998+j0,0104=0,998𝑒𝑗4′ |
| 75 | 0,0264+j0,0804 | 0.0263+j0,0795=0,084𝑒𝑗72 | 0,997+j0,0021=0,997𝑒𝑗6′ |
| 100 | 0,0353+j0,107 | 0,0351+j0,107=0,107𝑒𝑗71 | 0,994+j0,0038=0,994𝑒𝑗12′ |

Определим напряжение и ток для сечения линии х = 25 км

𝑈 25 = 𝑈 10 ch 𝛾𝑥 − 𝐼10𝑍в sh 𝛾𝑥 = 66500·1−15,9 𝑒𝑗89·450𝑒−𝑗18·0,028𝑒𝑗90 =

= 66690 –j63,2 = 66700𝑒−𝑗3′, В

𝐼 = 𝐼

ch 𝛾𝑥 − 𝑈 10 sh 𝛾𝑥 = 15,9 𝑒𝑗89·1 − 66500

·0,028𝑒𝑗90 = 1,818+j11,83 = 11,9𝑒𝑗81. А

25 10

𝑍в

450𝑒−𝑗18

Аналогично определяем напряжение и ток для остальных сечений линии. Результаты расчетов сведены в таблицу 2. По данным расчетов построены эпюры распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии при холостом ходе (рис. 1).

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| х, км | Режим холостого хода | |
| Ток, А | Напряжение, В |
| 0 | 15,9 𝑒𝑗89 | 66500 |
| 25 | 11,9𝑒𝑗81 | 66700𝑒−𝑗3′ |
| 50 | 7,98𝑒𝑗81 | 66740𝑒−𝑗6′ |
| 75 | 3,45𝑒𝑗89 | 66780𝑒−𝑗10′ |
| 100 | 0 | 66800𝑒−𝑗12′ |

По данным расчетов строим эпюры распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии при холостом ходе (рис. 1).

U, В

70000

60000

50000

40000

30000

20000

10000

**\***

\*

I, А

U

\*

**\***

\*

\*

\*

12

8

**\***

I

4

**\***

**\***

0 20 40 60 80 100 х, км

Рис. 1. Распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии при холостом ходе

1. По аналогии определяем распределение тока и напряжения вдоль линии при коротком замыкании.

Предварительно вычисляем ток короткого замыкания в начале линии

𝐼 = 𝑈 1к = 115000

= 1370 𝑒−𝑗53, А

1к 𝑍1к

√3 · 48,5𝑒𝑗53

где 𝑈 1к = |𝑈1к|𝑒𝑗𝜓1𝑢|𝑈10|𝑒𝑗𝜓1𝑢|, при 𝜓1𝑢= 0 равно |𝑈1к| = 115000 = 66500, В – действующее значение напряжения в начале линии при холостом ходе;

√3

𝑍 = 𝑍

= 𝑈 1к = 𝑍 𝑡ℎ𝛾𝑙. = 450𝑒−𝑗18·0,994𝑒𝑗12′ = 48,5 𝑒𝑗53, Ом - входное сопротивление

1к вх.кз

𝐼1к в

0,111𝑒𝑗69

линии в режиме короткого замыкания.

По уравнениям (2), где вместо 𝑈 1 и 𝐼1 , подставляем 𝑈 1к и 𝐼1к для принятых сечений х (см. табл. 1) определяем напряжение и ток.

Так, например, для х = 25 км имеем:

𝑈 25 = 𝑈 1к ch 𝛾𝑥 − 𝐼1к𝑍в sh 𝛾𝑥 = 66500·1−1370 𝑒 −𝑗53·450𝑒−𝑗18·0,028𝑒𝑗90 =

= 50150 –j5230 = 50300 𝑒−𝑗8, В

𝐼 = 𝐼

ch 𝛾𝑥 − 𝑈 1к sh 𝛾𝑥 = 1370 𝑒 −𝑗53·1 − 66500

·0,028𝑒𝑗90 = 816,3 + j1104 = 1371 𝑒−𝑗53. А

25 1к

𝑍в

450𝑒−𝑗18

Ток и напряжение для остальных х находим аналогично. Вычисленные значения токов и напряжений при коротком замыкании линии приведены в таблице 3, а построенные по результатам вычислений эпюры распределения токов и напряжений вдоль линии приведены на рисунке 2.

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| х, км | Режим короткого замыкания | |
| Ток, А | Напряжение, В |
| 0 | 1370 𝑒−𝑗53 | 66500 |
| 25 | 1371 𝑒−𝑗53 | 50300 𝑒−𝑗8 |
| 50 | 1372 𝑒−𝑗53 | 33300 𝑒−𝑗18 |
| 75 | 1373 𝑒−𝑗53 | 14600 𝑒−𝑗10 |
| 100 | 1374 𝑒−𝑗53 | 0 |

По данным расчетов строим эпюры распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии при коротком замыкании (рис. 2).

U, В

70000

60000

50000

40000

30000

20000

10000

I, А

I

**\***\*

\*

\*

\*

\*

1200

800

**\***

**\***

U

400

**\***

**\***

0 20 40 60 80 100 х, км

Рис. 2. Распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии при коротком замыкании

1. Распределение токов и напряжений вдоль линии при согласованной нагрузке, т.е. когда сопротивление нагрузки равно волновому сопротивлению ( 𝑍н = 𝑍в) определяется аналогично режимам холостого хода и короткого замыкания.

Особенность данного режима является то, что в любом сечении линии входное сопротивление её остается постоянным и равным волновому (𝑍вх = 𝑍в). Следовательно входное сопротивление линии в данном режиме равно

𝑍вх = 𝑍в = 450𝑒−𝑗18 . Ом Ток в начале линии, нагруженной на 𝑍н = 𝑍в , будет равен

𝐼 = 𝑈 1 = 115000

= 148 𝑒𝑗18. А

1 𝑍в

√3 · 450𝑒−𝑗13

По уравнениям (2) находим значение напряжения и тока в сечениях, принятых ранее (см. табл. 1).

Например, при х = 25 км имеем:

𝑈 25 = 𝑈 1 ch 𝛾𝑥 − 𝐼1 𝑍в sh 𝛾𝑥 = 66500·1−148 𝑒𝑗18·450𝑒−𝑗18·0,028𝑒𝑗90 =

= 66500 –j1863 = 66500 𝑒−𝑗1, В

𝐼 = 𝐼

ch 𝛾𝑥 − 𝑈 1 sh 𝛾𝑥 = 148𝑒−𝑗18·1 − 66500

·0,028𝑒𝑗90 = 148 𝑒𝑗16. А

25 1

𝑍в

450𝑒−𝑗18

Вычисленные значения токов и напряжений сведены в таблицу 4. На рисунке 3 приведены эпюры распределения действующих значений тока и напряжения вдоль линии, работающей в режиме согласованной нагрузки.

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| х, км | Режим согласованной нагрузки | |
| Ток, А | Напряжение, В |
| 0 | 148 𝑒𝑗18 | 66500 |
| 25 | 148 𝑒𝑗16 | 66500 𝑒−𝑗1 |
| 50 | 145 𝑒𝑗15 | 66200 𝑒−𝑗2 |
| 75 | 143 𝑒𝑗13 | 64750 𝑒−𝑗4 |
| 100 | 143 𝑒𝑗12 | 66300 𝑒−𝑗6 |

U, В

70000

60000

50000

40000

30000

20000

10000

I

**\***

\*

I, А

\*

\*

120

**\***

\*

**\***

U

**\***

\*

**\***

80

40

0 20 40 60 80 100 х, км

Рис. 3. Распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии при коротком замыкании

1. Определим частоту, при которой в заданной линии будет укладываться одна

четверть волны, т.е. *l =* 𝜆 или λ = 4 *l.*

4

Для этого используем соотношения:

λ = 2𝜋

𝛽

и

𝑣 = 𝜔 = 2𝜋𝑓 = 2𝜋𝑓 = *fλ*

Откуда

ф 𝛽

𝛽 2𝜋

𝜆

*f =* 𝑣ф

𝜆

или при длине волны, равной λ = 4*l* имеем

*f =* 𝑣ф *=*𝑣ф *=* 300·103*=* 732, 1⁄с

𝜆 4𝑙 4·100

где 𝑣ф = 300000 км⁄с – скорость электромагнитной волны в вакууме.

***Примечание: Студенты оформляют отчет с использование для оформления и печати ЭВМ.***

Приложение 2







