**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2**

**Содержание контрольной работы**

1. Расчет параметров схем замещения элементов системы электроснабжения.

2. Расчет параметров рабочих режимов элементов электрических сетей.

3. Расчет рабочих режимов электрических сетей.

**Расчет параметров схем замещения**

**элементов системы электроснабжения.**

Схема замещения линии электропередач (ЛЭП) представлена на рисунке 1.



*Рис.1. Схема замещения ЛЭП*

Активное сопротивление воздушной и кабельной ЛЭП (Ом) определяется по выражению:*Rл = r0·l*, где*r0* - погонное активное сопротивление воздушной ЛЭП Ом/км, l - длина линии, км.

Индуктивное сопротивление ЛЭП (Ом): *Xл = x0·l*, где *x0* - погонное индуктивное сопротивление ЛЭП, Ом/км.

Активная проводимость ЛЭП (См): *Gл = g0·l*,где *g0*− погонная активная проводимость ЛЭП, Ом/км.

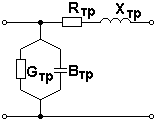
Емкостная проводимость ЛЭП (См): *Вл = b0·l*, (35) где *b0*− погонная индуктивная проводимость ЛЭП, Ом/км.

Наличие емкостной проводимости в ЛЭП приводит к образованию зарядных токов, а следовательно, и реактивной мощности, генерируемой линией, которая определяется по выражению

*Qс = U2ном·b0·l,*

где *Uном*− номинальное напряжение, кВ.

На рис.2 представлена схема замещения двухобмоточного трансформатора.



*Рис.2. Схема замещения двухобмоточного трансформатора*

Активное сопротивление двухобмоточного трансформатора (Ом) определяется на основании каталожных данных:

,

где ΔPk - потери активной мощности в режиме короткого замыкания (КЗ), кВт;

Uном - номинальное напряжение, кВ;

Sном - номинальная мощность трансформатора, кВА.

Реактивное (индуктивное) сопротивление трансформатора определяется по формуле:



где uk - напряжение КЗ трансформатора, %.

Активная проводимость (См):

,

где ΔPx - потери активной мощности в режиме холостого хода (ХХ), кВт.

Реактивная проводимость трансформатора:



где ΔQx - потери реактивной мощности в режиме холостого хода (ХХ), квар.

,

где Ix - ток холостого хода, отнесенный к номинальному току, %.

Схема замещения двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой низшего напряжения, трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора приведена на рисунках 7.

Общее активное сопротивление обмоток двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой низшего напряжения, трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора, а также общее индуктивное сопротивление определяются по формулам для активного и индуктивного сопротивлений двухобмоточного трансформатора.





*Рис.3. Схемы замещения трансформатора: а)двухобмоточного с расщепленной обмоткой, б)трехобмоточного (автотрансформатора)*

Индуктивные сопротивления лучей звезды в схеме замещения трансформатора с расщепленной обмоткой низшего напряжения составляют

;

.......................................

.

Индуктивное сопротивление автотрансформатора и трехобмоточного трансформатора и определяется по следующим выражениям:

;

;

.

Индуктивное сопротивление обмотки СН благодаря взаимному влиянию соседних обмоток обычно близко к нулю, либо имеет небольшое отрицательное значение, соответствующее емкостному сопротивлению и принимаемое при расчетах равным нулю.

Проводимости двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой низшего напряжения, трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора определяются по формулам для двухобмоточного трансформатора.

Далее приведены варианты заданий для расчета параметров схем замещения элементов систем электроснабжения.В таблицах 8, 9, 10 приведены каталожные данные ЛЭП, а в таблицах11, 12, 13, 14каталожные данные различных трансформаторов, необходимые для выполнения этихрасчетов.

*Таблица 8*

*Каталожные данные ВЛЭП Uном = 6, 10, 35 кВ со штыревыми изоляторами*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка проводов | r0, Ом/км | x0, Ом/км | | Диаметр провода, мм |
| Uном = 6,10 кВ | Uном = 35 кВ |
| АС-35 | 0,79 | 0,394 | 0,403 | 8,4 |
| АС-50 | 0,6 | 0,388 | 0,396 | 9,6 |
| АС-70 | 0,428 | 0,376 | 0,385 | 11,4 |
| АС-95 | 0,306 | 0,366 | 0,374 | 13,5 |

*Таблица 9*

*Каталожные данные ВЛЭП Uном = 35,110, 220 кВ на подвесных изоляторах*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка проводов | r0, Ом/км | 35 кВ x0, Ом/км | 110 кВ | | 220 кВ | | Диаметр провода, мм |
| x0, Ом/км | b0·104, Cм/км | x0, Ом/км | b0·104, Cм/км |
| АС-70 | 0,428 | 0,432 | 0,444 | 0,0255 | - | - | 11,4 |
| АС-95 | 0,306 | 0,421 | 0,434 | 0,0261 | - | - | 13,5 |
| АС-120 | 0,249 | 0,414 | 0,427 | 0,0266 | - | - | 15,2 |
| АС-150 | 0,198 | 0,406 | 0,42 | 0,027 | - | - | 17,2 |
| АС-185 | 0,162 | - | 0,413 | 0,0275 | - | - | 19,3 |
| АС-240 | 0,12 | - | 0,405 | 0,0281 | 0,435 | 0,026 | 22,0 |
| АС-300 | 0,098 | - | - | - | 0,429 | 0,0264 | 24,3 |
| АС-400 | 0,075 | - | - | - | 0,42 | 0,027 | 27,9 |
| АС-500 | 0,06 | - | - | - | 0,413 | 0,0274 | 33,5 |

*Таблица 10*

*Каталожные данные кабельных ЛЭП*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номин. сечения, мм2 | r0, Ом/км | | x0, Ом/км | | | b0·104, Cм/км | |
| медь | алюм. | при номинальном напряжении кабеля, кВ | | | | |
| до 1 | 6 | 10 | 6 | 10 |
| 4 | 4,6 | 7,74 | 0,095 | - | - | - | - |
| 6 | 3,07 | 5,17 | 0,09 | - | - | - | - |
| 10 | 1,84 | 3,1 | 0,073 | 0,11 | 0,122 | 62,8 | - |
| 16 | 1,15 | 1,94 | 0,0675 | 0,102 | 0,113 | 72,2 | - |
| 25 | 0,74 | 1,24 | 0,0662 | 0,091 | 0,099 | 88 | 72,2 |
| 35 | 0,52 | 0,89 | 0,0637 | 0,087 | 0,095 | 97,2 | 85 |
| 50 | 0,37 | 0,62 | 0,0625 | 0,083 | 0,09 | 114 | 91 |
| 70 | 0,26 | 0,443 | 0,0612 | 0,08 | 0,086 | 127 | 97,5 |
| 95 | 0,194 | 0,326 | 0,0602 | 0,078 | 0,083 | 134 | 110 |
| 120 | 0,153 | 0,258 | 0,0602 | 0,076 | 0,081 | 146 | 116 |
| 150 | 0,122 | 0,206 | 0,0596 | 0,074 | 0,079 | 162 | 138 |
| 185 | 0,099 | 0,167 | 0,0596 | 0,073 | 0,077 | 169 | 141 |
| 240 | 0,077 | 0,129 | 0,0587 | 0,071 | 0,075 | 185 | 144 |

*Таблица 11*

*Каталожные данные трехфазных двухобмоточных трансформаторов*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типтрансфор-матора | UВН, кВ | UНН, кВ | Uк, % | ΔРк, кВт | ΔРх, кВт | Iх, % |
| ТМ-25 | 6, 10 | 0,4 | 4,7 | 0,69 | 0,105 | 3,2 |
| ТМ-40 | 6, 10 | 0,4 | 4,7 | 1,0 | 0,15 | 3,0 |
| ТМ-63 | 6, 10 | 0,4 | 4,7 | 1,47 | 0,22 | 2,8 |
| ТМ-100 | 6, 10 | 0,4 | 4,7 | 2,27 | 0,31 | 2,6 |
| ТМ-160 | 6, 10 | 0,4 | 4,7 | 3,1 | 0,46 | 2,4 |
| ТМ-250 | 6, 10 | 0,4 | 4,7 | 4,2 | 0,66 | 2,3 |
| ТМ-400 | 6, 10 | 0,4 | 4,7 | 5,9 | 0,92 | 2,1 |
| ТМ-630 | 6, 10 | 0,4 | 5,5 | 8,5 | 1,42 | 2,0 |
| ТМ-1000 | 6, 10 | 0,4 | 5,5 | 12,2 | 2,1 | 1,4 |
| ТМ-1600 | 6, 10 | 0,4 | 5,5 | 18,0 | 2,8 | 1,3 |
| ТМ-2500 | 6, 10 | 0,4 | 5,5 | 25,0 | 3,9 | 1,0 |

*Таблица 12*

*Каталожные данные трехфазных двухобмоточных трансформаторов*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типтрансфор-матора | UВН, кВ | UНН, кВ | Uк, % | ΔРк, кВт | ΔРх, кВт | Iх, % |
| ТМН-630 | 35 | 6; 10 | 6,5 | 7,6 | 1,7 | 2,0 |
| ТМН-1000 | 35 | 6; 10 | 6,5 | 11,6 | 2,1 | 1,4 |
| ТМН-1600 | 35 | 6; 10 | 6,5 | 16,5 | 2,9 | 1,3 |
| ТМН-2500 | 35 | 6; 10 | 6,5 | 23,5 | 3,9 | 1,1 |
| ТМН-4000 | 35 | 6; 10 | 7,5 | 33,5 | 5,6 | 1,0 |
| ТМН-6300 | 35 | 6; 10 | 7,5 | 46,5 | 8,0 | 0,9 |
| ТМН-10000 | 35 | 6; 10 | 8,0 | 60,0 | 12,0 | 0,8 |
| ТДНС-16000 | 35 | 6; 10 | 10,0 | 85,0 | 17,0 | 0,7 |
| ТРДНС-25000 | 35 | 6; 10 | 10,5 | 115,0 | 25,0 | 0,65 |
| ТРДНС-32000 | 35 | 6; 10 | 12,7 | 145 | 29 | 0,6 |
| ТРДНС-40000 | 35 | 6; 10 | 12,7 | 170 | 36 | 0,5 |
| ТРДНС-63000 | 35 | 6; 10 | 12,7 | 250 | 50 | 0,45 |

*Таблица 13*

*Каталожные данные трехфазных двухобмоточных трансформаторов*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типтрансфор-матора | UВН, кВ | UНН, кВ | Uк, % | ΔРк, кВт | ΔРх, кВт | Iх, % |
| ТМН-2500 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 22 | 5,5 | 1,5 |
| ТМН-6300 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 44 | 11,5 | 0,8 |
| ТДН-10000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 60 | 14 | 0,7 |
| ТДН-16000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 85 | 19 | 0,7 |
| ТРДН-25000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 120 | 27 | 0,7 |
| ТРДН-32000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 145 | 36 | 0,7 |
| ТРДН-40000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 172 | 36 | 0,65 |
| ТРДЦН-63000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 260 | 59 | 0,6 |
| ТРДЦН-80000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 310 | 70 | 0,6 |
| ТРДЦН-125000 | 110 | 6; 10 | 10,5 | 400 | 100 | 0,55 |

*Таблица 14*

*Каталожные данные трехфазных двухобмоточных трансформаторов*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типтрансфор-матора | UВН, кВ | UНН, кВ | Uк, % | ΔРк, кВт | ΔРх, кВт | Iх, % |
| ТРДН-40000 | 220 | 6; 10; 35 | 12 | 170 | 50 | 0,9 |
| ТРДЦН-63000 | 220 | 6; 10; 35 | 12 | 300 | 82 | 0,8 |
| ТРДЦН-100000 | 220 | 6; 10; 35 | 12 | 360 | 115 | 0,7 |
| ТРДЦН-160000 | 220 | 6; 10; 35 | 12 | 525 | 167 | 0,6 |

*Таблица 15*

*Каталожные данные трехфазных трехобмоточных трансформаторов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типтрансфор-матора | UВН, кВ | UСН, кВ | UНН, кВ | Uк,% ВС/ВН/СН | ΔРк, кВт | ΔРх, кВт | Iх, % |
| ТМТН-6300 | 35 | 10 | 6 | 7,5/7,5/16 | 55 | 13 | 1,1 |
| ТДТН-10000 | 35 | 10 | 6 | 8,0/16,5/7 | 75 | 16 | 1,0 |
| ТДТН-16000 | 35 | 10 | 6 | 8,0/16,5/7 | 1158 | 21 | 0,9 |

*Таблица 16*

*Каталожные данные трехфазных трехобмоточных трансформаторов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типтрансфор-матора | UВН, кВ | UСН, кВ | UНН, кВ | Uк,% ВС/ВН/СН | ΔРк, кВт | ΔРх, кВт | Iх, % |
| ТМТН-6300 | 110 | 35; 10 | 10; 6 | 10,5 / 17 / 6 | 58 | 14 | 1,2 |
| ТДТН-10000 | 110 | 35; 10 | 10; 6 | 10,5 / 17 / 6 | 76 | 17 | 1,1 |
| ТДТН-16000 | 110 | 35; 10 | 10; 6 | 10,5 / 17 / 6 | 100 | 23 | 1,0 |
| ТДТН-25000 | 110 | 35; 10 | 10; 6 | 10,5 / 17,5 / 6,5 | 140 | 31 | 0,7 |
| ТДТН-40000 | 110 | 35; 10 | 10; 6 | 10,5(17) / 17(10,5) / 6 | 200 | 43 | 0,6 |
| ТДТН-63000 | 110 | 35; 10 | 10; 6 | 10,5 / 17 / 6,5 | 290 | 56 | 0,7 |
| ТДТН-80000 | 110 | 35; 10 | 10; 6 | 11(17)/18,5(10,5)/7(6,5) | 390 | 82 | 0,6 |

*Таблица 17*

*Каталожные данные трехфазных трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типтрансфор-матора | UВН, кВ | UСН, кВ | UНН, кВ | Uк,% ВС/ВН/СН | ΔРк, кВт | ΔРх, кВт | Iх, % |
| ТДТН-25000 | 220 | 110; 35 | 35; 10; 6 | 12,5/20/6,5 | 135 | 50 | 1,2 |
| ТДТН-40000 | 220 | 110; 35 | 35; 10; 6 | 12,5/22/9,5 | 220 | 55 | 1,1 |
| АТДЦТН-63000 | 220 | 110; 35 | 35; 10; 6 | 11/35,7/21,9 | 215 | 45 | 0,5 |
| АТДЦТН-125000 | 220 | 110; 35 | 35; 10; 6 | 11/45/28 | 305 | 65 | 0,5 |
| АТДЦТН-200000 | 220 | 110; 35 | 35; 10; 6 | 11/32/20 | 430 | 125 | 0,5 |
| АТДЦТН-250000 | 220 | 110; 35 | 35; 10; 6 | 11,5/33,4/20,8 | 520 | 145 | 0,5 |

**Вариант 1**. При какой длине воздушной ЛЭП-110 кВ, выполненной проводами АС-240, ее индуктивное сопротивление равно индуктивному сопротивлению трансформатора ТРДЦН-63000/110, работающего по схеме двухобмоточного трансформатора?

**Вариант 2.** Определить параметры схемы замещения ЛЭП напряжением 220 кВ, выполненной проводом АС-240 протяженностью 32 км. Подвеска проводов горизонтальная.

**Вариант 3.** При какой длине воздушной ЛЭП-35 кВ, выполненной проводами АС-150, ее индуктивное сопротивление равно индуктивному сопротивлению трансформатора ТМН-10000/35?

**Вариант 4.** Составить схему замещения ЛЭП напряжением 35 кВ, выполненной проводом АС-50 протяженностью 5 км и определить параметры схемы.

**Вариант 5.** При какой длине воздушной ЛЭП-220 кВ, выполненной проводами АС-400, ее активное сопротивление равно активному сопротивлению трансформатора ТРДЦН-160000/220, работающего по схеме двухобмоточного трансформатора?

**Вариант 6.** При какой длине воздушной ЛЭП-110 кВ, выполненной проводами АС-120, генерация реактивной мощности проводимостью ЛЭП компенсирует потери реактивной мощности в стали двухобмоточного трансформатора ТРДН-25000/110?

**Вариант 7.** Составить схему замещения трехфазного двухобмоточного трансформатора с расщепленными обмотками типа ТРДН -25000/110 и определить ее параметры.

**Вариант 8.** Составить схему замещения трехфазного двухобмоточного трансформатора типа ТДН -10000/110/10 и определить ее параметры для обоих номинальных напряжений.

**Вариант 9.** При какой длине воздушной ЛЭП-110 кВ, выполненной проводами АС-240, ее индуктивное сопротивление равно суммарному индуктивному сопротивлению обмоток высокого и низкого напряжений трехобмоточного трансформатора ТДТН-63000/110?

**Вариант 10.** При какой длине воздушной ЛЭП-220 кВ, выполненной проводами АС-240, ее индуктивное сопротивление составит 25 % от индуктивного сопротивления трансформатора ТРДН-40000/220?

**Пример расчета 1**. Определить параметры схемы замещения ЛЭП напряжением 110 кВ, выполненной проводом АС-95 протяженностью 55 км. Подвеска проводов горизонтальная.

По таблице 9 определяем каталожные данные ЛЭП:

r0= 0,306 Ом/км; x0= 0,434 Ом/км; b0= 0,0261·10-4 См/км.

1. Активное сопротивление ЛЭП:

Rл= 0,306·55 = 16,83 Ом.

2. Индуктивное сопротивление ЛЭП:

Хл = 0,434·55 = 23,87 Ом.

3. Активная проводимость:

Gл = 5,79·10-6·55 = 318,45·10-6 См.

4. Реактивная проводимость:

В Л = 2,61·10-6·55 = 143,55·10-6 См

5. Реактивная мощность, генерируемая линией:

Qс = 1102·143,55·10-3 = 1,74 Мвар.

**Пример расчета 2.** Определить параметры схемы замещения трехобмоточного трансформатора типа ТДТН -16000/110, отнесенные к высшему напряжению трансформатора.

По таблице 16 определяем каталожные данные трансформатора: Sном = 16000 кВА, Uном = 110 кВ, uкВС = 10,5%,uкВН = 17%, uкСН = 6%, ΔРк = 100 кВт, Ix = 1%, ΔРх =23 Квт.

1. Определяем общее активное сопротивление трансформатора

 Ом.

1. Определяем индуктивные сопротивления

 Ом

 Ом

 Ом

1. Активная проводимость

 См

1. Реактивная проводимость

 См

**Пример расчета 3.**При какой длине *l*воздушной ЛЭП-220 кВ, выполненной проводами АС-400, ее индуктивное сопротивление равно индуктивному сопротивлению трансформатора ТРДЦН-160000/220, работающего по схеме двухобмоточного трансформатора?

По таблице 14 определяем каталожные данные трансформатора, которые необходимы для расчетов:

*S*ном = 160000 кВА, *U*ном = 220 кВ, *u*к = 12%.

По таблице 9 определяем каталожные данные воздушной ЛЭП: *x*0 = 0,42 Ом.

1. Определяем общее индуктивное сопротивление трансформатора

, Ом.

1. Определяем индуктивное сопротивление воздушной ЛЭП

*Xл* = 0,42·l , Ом

1. Согласно условию задачи *Xл = xтр* = 0,42·*l* = 36,3 Ом, тогда

*l* = 36,3/0,42 = 86,4 км.

**Пример расчета 4.**При какой длине *l* воздушной ЛЭП-220 кВ, выполненной проводами АС-240, генерация реактивной мощности проводимостью ЛЭП компенсирует потери реактивной мощности в стали двухобмоточного трансформатора ТРДЦН-63000/220?

По таблице 14 определяем каталожные данные трансформатора, которые необходимы для расчетов:

Sном = 63000 кВА, Uном = 220 кВ, Ix = 0,8%.

По таблице определяем каталожные данные воздушной ЛЭП:

b0 = 0,026·10-4 См/км.

1. Определяем потери мощности в стали двухобмоточного трансформатора

****квар.

2. Реактивная мощность, генерируемая проводимостью ЛЭП:

*Qc* = 2202·106·0,226·10-4·*l* = 125,84·*l*квар.

3. Так как генерация реактивной мощности ЛЭП компенсирует потери реактивной мощности в стали двухобмоточного трансформатора, то*Qc* = *ΔQx*, тогда

км.

**Расчет параметров рабочих режимов элементов электрических сетей**

Потери активной мощности на участке ЛЭП обусловлены активными сопротивлениями проводов и кабелей, а также несовершенством их изоляции.

,

где *P,Q* - активная и реактивная мощность нагрузки, кВт, квар;

*Uном* - номинальное напряжение, кВ;

*Rл* - активное сопротивление линии, Ом.

Потери реактивной мощности на участке ЛЭП обусловлены индуктивными сопротивлениями проводов и кабелей.

,

где *XЛ* - индуктивное сопротивление, Ом.

Потери энергии в линиях определяются путем умножения потерь мощности в ней на время их действия

,

где *ΔPi* - потери мощности за промежуток времени *ti.*

Передача мощности через трансформатор сопровождается потерями мощности в активном и реактивном сопротивлениях обмоток, а также потерями, связанными с намагничиванием стали.

,

,

где *P,Q,S* - активная, реактивная и полная мощность,кВт,квар,кВА;

*Sном* - номинальная мощность трансформатора, кВА;

*Rтр,Xтр* - активное и индуктивное сопротивление трансформатора, Ом.

При параллельной работе *n* одинаковых трансформаторов их эквивалентное сопротивление уменьшается в *n* раз, тогда как потери на намагничивание во столько же раз увеличиваются. При этом

;

.

Потери энергии в трансформаторах состоят из двух частей: 1) не зависящей от нагрузки ΔPх·T; 2) зависящей от нагрузки ΔPк·τ:

,

где *T* - время работы (если трансформатор работает весь год, то

*T* = 8760 часов);

*τ* - время максимальных потерь.

При параллельной работе *n* одинаковых трансформаторов:

.

Падение напряжения в линии можно представить состоящим из продольной и поперечной составляющих.

Продольная составляющая определяется по формуле:



а поперечная составляющая по формуле



где *r0, x0* - погонные активное и индуктивное сопротивления линии, Ом/км, *l*л - длина участка линии, км.

Напряжения в начале и в конце линии связаны с продольной и поперечной составляющими падения напряжения в линии соотношениями:

,

.

В ЛЭП местных сетей поперечная составляющая падения напряжения очень мала. Так что

U1 = U2 + ΔU,

U2 = U1 - ΔU.

Потери напряжения в трансформаторе:

**

где*rтр, xтр*- активное и индуктивное сопротивления трансформатора, Ом.

Далее приведены варианты заданий для расчета параметров рабочих режимов элементов электрических систем.

**Вариант 1**. Воздушная ЛЭП-220 кВ выполнена проводами АС-300. Мощность нагрузки ЛЭП составляет *S2*= 100 + j50 МВА.

а) При какой длине *l1*ЛЭП потери активной мощности составят 1% от полной передаваемой мощности *S2*?

б) При какой длине *l2*ЛЭП потери реактивной мощности составят 5% от полной передаваемой мощности *S2*?

**Вариант 2**. Кабельная ЛЭП-10 кВ выполнена кабелем с алюминиевыми жилами 3х150 мм2. Мощность нагрузки составляет *S2*= 3 + j1,4 МВ·А.

а) При какой длине*l1*ЛЭП потери активной мощности в ней составят 5% от активной передаваемой мощности *Р2*?

б) При какой длине *l2*ЛЭП потери реактивной мощности в ней составят 1% от полной передаваемой мощности *S2*?

**Вариант 3**. Кабельная ЛЭП-0,38 кВ выполнена кабелем с алюминиевыми жилами 3х70мм2. Мощность нагрузки ЛЭП составляет *S2*= 0,8 + j0,6 МВА

а) При какой длине *l1*ЛЭП потери активной мощности в ней составят 50% от полной передаваемой мощности *S2*?

б) При какой длине *l2*ЛЭП потери реактивной мощности в ней составят 5% от полной передаваемой мощности *S2*?

**Вариант 4**. Воздушная ЛЭП-35 кВ, длиной *l* = 10 км, выполнена проводами АС - 70. Коэффициент мощности нагрузки cosφ= 0,8.

а) При какой передаваемой мощности *S2*потери активной мощности в ЛЭП составят 3% от передаваемой активной мощности *Р2*?

б) При какой передаваемой мощности *S2*потери реактивной мощности составят 5% от передаваемой реактивной мощности Q2?

**Вариант 5**. Воздушная ЛЭП напряжением 220 кВ протяженностью 100 км выполнена проводом АС-300 и питает нагрузку (102+j88) МВА.

Определить напряжение в начале участка линии, если в конце участка напряжение 218 кВ.

**Вариант 6**. Трансформатор ТРДН-25000/110/10 работает по схеме двухобмоточного трансформатора. Активная мощность нагрузки *Р2*=15 МВт.

а) При каком коэффициенте мощности нагрузки трансформатора (cosφ2) потери активной мощности в нем составят *ΔPтр*= 90 кВт?

б) Для тех же условий определить потери реактивной мощности в трансформаторе.

**Вариант 7**. Трансформатор ТРДН-25000/110/10 работает по схеме двухобмоточного трансформатора активная мощность нагрузки *Р2* =16 МВт.

a) При каком коэффициенте мощности нагрузки (cosφ2) потери напряжения в трансформаторе составят *ΔU*= 5 кВ?

б) При той же мощности нагрузки определить длину *l* ЛЭП-110 кВ, выполненную проводами АС-120, при которой потери напряжения в ней составят также *ΔU*= = 5 кВ?

**Вариант 8**. Трансформатор типа ТМ -1600/10 питает нагрузку потребляющею мощность (980 + j730) кВ·А.

Определить потери напряжения в трансформаторе, если при максимальной нагрузке напряжение на стороне ВН трансформатора равно 10,5 кВ.

**Вариант 9**. Трансформатор ТДТН-63000/110/35/10 работает с суммарной активной мощностью нагрузки *РΣ* = 40 МВт.

а) При какой суммарной реактивной мощности нагрузки *QΣ*потери напряжения в обмотке высокого напряжения составят *ΔU* = 5 кВ?

б) Воздушная ЛЭП-110 кВ выполнена проводами АС-240 и работает с той же мощностью нагрузки. При какой длине *l* ЛЭП потери напряжения в ней составят *ΔU* = 5 кВ?

**Вариант 10**. Воздушная ЛЭП напряжением 110 кВ протяженностью 45 км выполнена проводом АС-120 и питает нагрузку (22 + j16) МВА.

Определить напряжение в начале участка линии, если в конце участка напряжение 109 кВ.

**Пример расчета 1**. Воздушная ЛЭП-110 кВ выполнена проводами АС-120.Нагрузка ЛЭП составляет *S2*= 25 + j10 МВА.

а) При какой длине *l1*ЛЭП потери активной мощности составят 3% от полной передаваемой мощности *S2*?

б) При какой длине *l2* ЛЭП потери реактивной мощности составят 5% от полной передаваемой мощности *S2*?

По таблице 9 определяем каталожные данные воздушной ЛЭП:*r0* = 0,249 Ом/км; *x0* = 0,427 Ом/км.

1. Потери активной мощности на участке ЛЭП



Так как *ΔPл* = 0,03·*S2*, то 0,015·*l1* = 0,03·*S2*. При *S2* = 26,9 МВА

км.

2. Потери реактивной мощности



Так как *ΔPл* = 0,05·*S2*, то

км.

**Пример расчета 2.** Активная мощность нагрузки трансформатора ТРДН-40000/110, работающего по схеме двухобмоточного трансформатора, составляет *Р2*= 24 МВт.

а) При каком коэффициенте мощности нагрузки трансформатора (cosφ2) потери активной мощности в нем составят *ΔPтр*= 120 кВт?

б) Для тех же условий определить потери реактивной мощности в трансформаторе.

По таблице 14 определяем каталожные данные трансформатора, которые необходимы для расчетов:

*Sном* = 40000 кВА, *Uном* = 110 кВ, *Ix* = 0,65%, *ΔPx* = 36 кВт,

*ΔPк* = 172 кВт, *uк* = 10,5%.

1. Потери активной мощности в трансформаторе

 кВт.

Отсюда *S2* = 28 МВА.

Так как S2 = P/cosφ, тогда cosφ = 24/28 = 0,86.

2. Потери реактивной мощности в трансформаторе

квар.

**Пример расчета 3.** Воздушная ЛЭП напряжением 220 кВ протяженностью 80 км выполнена проводом АС-240 и питает нагрузку (72 + j 54) МВ·А. Определить напряжение в начале участка линии, если в конце участка напряжение 218 кВ.

По таблице 9 определяем каталожные данные воздушной ЛЭП:

*r0* = 0,12Ом/км, *x0* = 0,435 Ом/км, *b0* = 0,026·10-4См/км.

1. Сопротивления ЛЭП

Rл = 0,12·80 = 9,6 Ом; Хл = 0,435·80 = 34,8 Ом.

2. Реактивная мощность, генерируемая линией

Qc = 2202·0,026·10-4·80 = 10,1М

3. Нагрузка в конце линии с учетом реактивной мощности (0,5·jQc), генерируемой реактивной проводимостью, включенной в конце схемы замещения линии составляет



4. Продольная и поперечная составляющие падения напряжения на участке линии



5. Напряжение в начале участка линии



При расчете по упрощенной формуле

U1 = 218 + 10,9 = 228,9 кВ.

**Пример расчета 4.** Трансформатор типа ТМ -1000/10 питает нагрузку, потребляющую мощность (720 + j 540) кВ·А при соsφ = 0,8. Определить потери напряжения в трансформаторе, если при максимальной нагрузке напряжение на стороне ВН трансформатора равно 10,6 кВ.

По таблице 11 определяем каталожные данные трансформатора:

Sном = 1000 кВА, Uном,В = 10 кВ, uк = 5%,

ΔPк = 12,2 кВт, Iх = 1,4%, ΔPх = 2,1 кВт.

1. Сопротивления трансформатора



2. Поскольку напряжение известно на стороне ВН, а нагрузка - на стороне НН трансформатора, необходимо привести нагрузку к стороне ВН, для чего определяем потери мощности в трансформаторе





3. Нагрузка на стороне ВН трансформатора составляет

Pтр + jQтр = 720 + j540 + 12 + j58,6 = 732 + j598,6 кВА.

4. Потери напряжения в трансформаторе



или в % от номинального напряжения



**Расчет рабочих режимов электрических сетей**

Определение значений токов и напряжений в различных точках сети начинают с построения картины распределения полной мощности в сети, называемой потокораспределением, т.е. определения мощностей в начале и в конце каждого элемента сети.

Разомкнутыми сетяминазываются такие, в которых энергия подается потребителям с одной стороны. В большинстве случаев такими сетями являются сети до 110 кВ, подающие энергию потребителям на расстояния, не превышающие 20- 30 км.

Простейшим видом замкнутой сети является сеть с двухсторонним питанием, т.е. такая сеть, в которой энергия подается потребителям с двух сторон. Частным случаем сети с двухсторонним питанием является кольцо (рис.13).



*Рис.4. Схема сети с двухсторонним питанием*

Прежде чем приступить к расчету сети с двухсторонним питанием, необходимо условно «разрезать» питающий пункт и получить сеть с двумя пунктами А1и А2(рис.).

Существуют два вида расчета сетей с двухсторонним питанием.

****

*Рис.5. Схема сети с двухсторонним питанием*

*в "разрезанном" виде*

1. При одинаковых напряжениях питающих пунктовА1и А2, т.е. при UА1= UА2. Задача состоит в том, чтобы при заданных сопротивлениях участков и мощностях нагрузок рассчитать мощности на участках и найти точки токораздела. Т.к. UА1= UА2, можно составить уравнение по второму закону Кирхгофа: сумма падений напряжений между пунктами А1и А2равна нулю.

Мощность, вытекающая из питающего пункта А1, определяется по формуле:



где*Sa, Sb, Sc, Sd* - мощности нагрузок, МВА;

*Z1, Z2, Z3, Z4, Z5* - полные сопротивления участков линии до питающего пункта А2.

Аналогично, мощность, вытекающая из питающего пункта А2:





Зная мощность, вытекающую из любого питающего пункта, можно аналогично определить мощности каждого участка. В результате расчета мощности отдельных участков могут оказаться положительными или отрицательными, т.е. протекающими в направлении, указанном стрелками, или в противоположном направлении.

Точками токораздела называются точки, в которых подтекающая со всех сторон мощность полностью потребляется нагрузкой. Точек токораздела в сетях с двухсторонним питанием может быть две: по активным мощностям и реактивным. Во многих случаях эти точки могут совпадать.

Если сечения всех участков сети одинаковы, то сеть является однороднойи при расчете можно пренебречь активным и реактивным сопротивлениями и расчет вести с использованием длины участков линии.

Далее приведены варианты заданий на расчет рабочих режимов электрических сетей.

**Вариант 1**. Линия электропередачи напряжением 35 кВ питает понижающие подстанции от источника, находящегося в точке 0 (рис.6). Найти потокораспределение и наибольшую потерю напряжения в линии при максимальной нагрузке, когда напряжение в точке 0 поддерживается равным 37,5 кВ.

0а: *l*= 5 км; АС-120; аb: *l*= 8 км; АС-120;

bc: *l*= 4 км; АС-50; ad: *l*= 8 км; АС-70.

*Sa*= 1,2 + j1,5 МВА; *Sb*= 2 + j2,5 МВА;

*Sc*= 1,8 + j1,0 МВА; *Sd*= 1,5 + j2 МВА.



*Рис.6. Схема сети к варианту 1*

**Вариант 2**. Определить наибольшую потерю напряжения и потери мощности в ЛЭП напряжением 6 кВ, участки которой выполнены проводами (рис.7):

Оа: *l* = 4 км; АС-95; аb: *l* = 5 км; АС-70;

bс: *l* = 10 км АС-50.

*Sa* = 250 + j200 кВА; *Sb* = 290 + j210 кВА;

*Sc*= 200 + j150 кВА.



*Рис.7. Схема сети к варианту 2.*

**Вариант 3**. Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП напряжением 10 кВ, участки которой выполнены проводами (рис.8):

Оа: *l* = 2 км; АС-95; аb: *l* = 6 км; АС-70;

bс: *l* = 4 км; АС-35; bd: *l* = 3 км; АС-35;

ае: *l* = 5 км; АС-35.

*Sb* = 170 + j130 кВА; *Sc* = 220 + j170 кВА;

*Sd* = 150 + j110 кВА; *Se* = 280 + j210 кВА.



*Рис.8.Схема сети к варианту3.*

**Вариант 4.** Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП напряжением 6 кВ, участки которой выполнены проводами (рис.9):

Оа: *l* = 6 км; АС-95; аb: *l* = 15 км; АС-35;

ас: *l* = 4 км; АС-70; сd: *l* = 8 км; АС-35;

се: *l* = 6 км; АС-50; еf: *l* = 10 км; АС-35.

Sb = 240 + j180 кВ·А; Sd = 280 + j210 кВ·А;

Se = 240 + j180 кВ·А; Sf = 240 + j180 кВ·А.



**Вариант 5**. Для схемы кольцевой электрической сети Uн= 110 кВ (рис10) определить, при какой длине *l* участка 0-3 активная мощность на участке 0-1 будет равна P01= 35 МВт? Определить реактивную мощность на участке 3-0 Q30.

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:

0-1: АС-185; 1-2: АС-120; 2-3: АС-95; 3-0: АС-70.

*l01*= 30 км; *l12*= 10 км; *l23*= 15 км.

*S1*= 30 + j10 МВА; *S2*= 20+ j10 МВА; *S3*= 25+ j10 МВА.



*Рис.10.Схема сети к варианту5*

**Вариант6.** Для схемы однородной кольцевой электрической сети *Uн* = 110 кВ (рис.11) суммарной длиной *l* определить:

- при какой мощности нагрузок *SΣ* мощность на участке 0-1 составит *S01* = 30 МВА ?

- при какой длине *l* потери мощности в сети составят ΔРΣ = 0,005SΣ?

Все линии выполнены сталеалюминиевыми проводами АС-150.



*Рис.11. Схема сети к варианту6.*

**Вариант7.** Четыре электропотребителя питаются от замкнутой линии напряжением 6 кВ (рис.12). Кольцевая линия выполнена проводом АС-95, а ответвления - проводом АС-70. Определить мощность на всех участках линии и максимальную потерю напряжения в ней.

Ас: *l* =2 км; Аа: *l* =2 км; аb: *l* =4 км; bс: *l* = 3км;

bd: *l* = 1 км; ае: *l* = 3 км; еf: *l* = 5 км. Sc =1,5+j1,2 МВА;

Sd = 0,5+j0,3 МВА; Se =0,8+j0,6 МВА; Sf =0,4+j0,3 МВА.



*Рис.12. Схема сети к варианту7.*

**Вариант8.** Для схемы однородной кольцевой электрической сети *Uн* = 110 кВ (рис.13), выполненной проводами АС-240, определить:

- при какой мощности нагрузки S1мощность на участке 0-1 составит *S01*= 25 + j15 МВА?

- при какой длине *l* суммарные потери активной мощности в сети составят *ΔРΣ* = 0,02(Р1+Р2)?

*S2*= 20 + j15 МВА; cosφ = 0,8.



*Рис.13.Схема сети к варианту8.*

**Вариант 9.** Для схемы кольцевой сети *Uн*= 110 кВ (рис.14) определить, при каких значениях мощностей нагрузок *Р1*и *Q3*мощность на участке 0-1 составит *S01*= 45 + j20 МВА?

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:

0-1: АС-240, *l01*= 30 км; 1-2: АС-120,*l12*= 15 км; 2-3: АС-95*,l23*= 10 км; 0-3: АС-185, *l03*= 20 км.

*Q1*= 15 Мвар; *S2*= 20 + j10 МВА; *Р3*= 30 МВт.



*Рис.13.Схема сети к варианту8.*

**Вариант10.** Для схемы однородной кольцевой сети *Uн*= 110 кВ (рис.13), выполненной проводами АС-120, определить, при каких значениях длины участка 0-1 l и активной мощности нагрузки *Р1*мощность на участке 0-1 составит *S01*= 40 + j20 МВА?

*l01*= 10 км; *l20*= 20 км; *Q1*= 20 Мвар; *S2*= 30 + j15 МВА.



*Рис.13.Схема сети к варианту8.*

**Пример расчета 1**. Четыре электропотребителя питаются от замкнутой линии напряжением 10 кВ (рис.16,а). Кольцевая линия выполнена проводом АС-70, а ответвления - проводом АС-50.

Мощности потребителей:

*Sc* = 1500 + j1200 кВ·А; *Sd* = 500 + j300 кВ·А;

*Se* = 800 + j600 кВ·А; *Sf* = 400 + j300 кВ·А.

Длиныучастковлиний:

Аа - *l1* = 2 км; аb - *l2* = 4 м; bс - *l3* = 3км; Ас - *l4* = 2 км;

bd - *l5* = 1 км; ае - *l6* = 3 км; еf - *l7* = 5 км.

Определить мощности на всех участках линии и максимальную потерю напряжения в ней.

1. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис.16,б).





*Рис.16. Расчетная схема сетик примеру 1.*

2. Напряжения источников питания и сечения проводов одинаковы, поэтому расчет мощности на головных участках линии можно проводить по длинам участков.

*Sa = Se + Sf* = 800 + j600 + 400 + j300 = 1200 + j900 кВ·А;

*Sb= Sd*= 500 + j300 = кВ·А;







Мощность на втором участке

*S2* = *S1* - *Sa* = 1482 + j1091 - (1200 + j900) = 282 + j191 кВ·А.

Потокораздел приходится в точку *b*, т.к. нагрузка *Sb*больше мощности *S2*и поэтому получает питание и от источника*А'*.

По таблице 8 определяем погонные сопротивления, а на их основе сопротивления каждой линии:

АС - 50 *r0*= 0,6 Ом / км; *х0*= 0,388 Ом / км;

АС - 70 *r0*= 0,428 Ом / км; *х0*= 0,376 Ом / км.

*R1*= 0,428 · 2 = 0,856 Ом; *Х1*= 0,376 · 2 = 0,752 Ом;

*R2*= 0,428 · 4 = 1,712 Ом; *Х2*= 0,376 · 4 = 1,504 Ом;

*R3*= 0,428 · 3 = 1,284 Ом; *Х3*= 0,376 · 3 = 1,128 Ом;

*R4*= 0,428 · 2 = 0,856 Ом; *Х4*= 0,376 · 2 = 0,752 Ом;

*R5*= 0,6 · 1 = 0,6 Ом; *Х5*= 0,388 · 1 = 0,388 Ом;

*R6*= 0,6 · 3 = 1,8 Ом; *Х6*= 0,388 · 3 = 1,164 Ом.

*R7*= 0,6 · 5 = 3,0 Ом; *Х7*= 0,388 · 5 = 1,94 Ом.

4. Чтобы определить максимальную потерю напряжения в линии, рассчитаем потери напряжения до точки потокораздела*b* и до наиболее удаленных точек (*d, f*) ответвленной линии







Максимальная потеря напряжения *ΔUAf* = 708 В.

**Пример расчета 2**. Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП 10 кВ, (рис.16), участки которой выполнены проводами:

Оа: АС - 95, *l1* = 5 км; аb: АС - 35, *l2* = 12 км; ас: АС - 70, *l3* = 3 км; cd: АС - 35, *l4* = 6 км; се: АС - 50, *l5* = 5 км; еf: АС - 35, *l6* = 7 км.

Нагрузки линий: *Sb* = 240 + j180 кВ·А; *Sd* = 280 + j210 кВ·А;

*Se* = 240 + j180 кВ·А; *Sf* = 240 + j180 кВ·А.



*Рис.17. Расчетная схема сетик примеру 2*

1. Погонные сопротивления проводов определяем исходя из длины линии и ее параметров по таблице 8.

АС - 95 r0 = 0,306 Ом / км; х0 = 0,366 Ом / км;

АС - 70 r0 = 0,428 Ом / км; х0 = 0,376 Ом / км;

АС - 50 r0 = 0,6 Ом/ км; х0 = 0,388 Ом / км;

АС - 35 r0 = 0,79 Ом/км; х0 = 0,394 Ом / км.

2. Сопротивления отдельных участков линии

R1= 0,306 · 5 = 1,53 Ом; Х1= 0,366 · 5 = 1,83 Ом;

R2= 0,79 · 12 = 9,48 Ом; Х2= 0,394 · 12 = 4,73 Ом;

R3= 0,428 · 3 = 1,28 Ом; Х3= 0,376 · 3 = 1,13 Ом;

R4= 0,79 · 6 = 4,74 Ом; Х4= 0,394 · 6 = 2,36 Ом;

R5= 0,6 · 5 = 3,0 Ом; Х5= 0,388 · 5 = 1,94 Ом;

R6= 0,79 · 7 = 5,53 Ом; Х6= 0,394 · 7 = 2,76 Ом.

3. Линейные мощности участков

S6= S'ef= 240 + j180 кВ·А;

S5= S6+ S'e= 240 + j180 + 240 + j180 = 480 + j360 кВ·А;

S4= S'd= 280 + j210 кВ·А;

S3= S4+ S5= 280 + j210 + 480 + j360 = 760 + j570 кВ·А;

S2= S'b= 240 + j180 кВ·А;

S1= S2+ S3= 240 + j180 + 760 + j570 = 1000 + j750 кВ·А.

4. Потери напряжения до точек b, d, f.







Наибольшая потеря напряжения в линии до точки f

.

**Пример расчета 3.**Для схемы кольцевой электрической сети (рис.18) *Uн*= 110 кВ определить:

- при какой длине *l* участка 0-1 активная мощность на этом участке составит *Р01*= 45 МВт?

- при каком значении коэффициента мощности нагрузки cos ϕ3 реактивная мощность на участке 0-1 составит *Q01*= 20Мвар?



*Рис.18. Расчетная схема сетик примеру 3*

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:

0-1 АС-240; 1-2 АС -95; 2-3 АС-70; 0-3 АС-185. *l12*= 10 км;

*l23*= 20 км; *l30*= 20 км; *S1*= 30 + j10 МВ·А;

*S2*= 20 + j10 МВ·А; *Р3*=30 МВт.

1. Кольцевая линия неоднородна, поэтому находим по таблице 9 каталожные данные воздушной ЛЭП:

Участок линии 01: r0= 0,12 Ом/км; х0= 0,405 Ом/км.

Участок линии 12: r0= 0,306 Ом/км; х0= 0,434 Ом/км.

Участок линии 23: r0= 0,428 Ом/км; х0= 0,444 Ом/км.

Участок линии 03: r0= 0,162 Ом/км; х0= 0,4135 Ом/км.

1. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис.19).

0 1 2 3 0'

S1S2S3

*Рис.19. Преобразование кольцевой линии*

1. Находим сопротивления участков линии

01: r01= 0,12 · 01 Ом; х01= 0,405 · 01 Ом.

12: r12= 0,306 · 10 = 3,06 Ом; х12= 0,434 · 10 = 4,34 Ом.

23: r23= 0,428 · 20 = 8,56 Ом; х23= 0,444 · 20 = 8,88 Ом.

30: r30= 0,162 · 20 = 3,24 Ом; х30= 0,413 · 20 = 8,26 Ом.

1. Активная мощность на участке 01



Находим из последнего уравнения *l01*= 20 км и

r01 = 0,12·20 = 2,4 Ом; x01 = 0,405·20 = 8,1 Ом.

1. Реактивная мощность на участке 01



Находим отсюда

*Q3* = 25 Мвар,

*cosφ = P3/S3* = 30/39 = 0,77.

**Пример расчета 4**. Для схемы однородной кольцевой электрической сети *Uн*= 110 кВ определить, при какой мощности *Sн* активная мощность на участке 0-3 будет равна *P03*= 40 МВт, если коэффициент мощности всех нагрузок *cosφ* = 0,8 ? Определить реактивную мощность на участке 0-1 *Q01*.

*l01*= 30 км; *l12*= 15 км; *l23*= 10 км; *l30*= 20 км.



*Рис.20. Расчетная схема сети к примеру 4*

1. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис.21).

0 1 2 3 0'

*S1 (S1‑10) (S1+10)*

*Рис.21. Преобразование кольцевой линии*

2. Т.к. кольцевая линия однородна, то пренебрегаем сопротивлениями и расчет ведем с использованием длины линии.

Активная мощность на участке 03



Находим из последнего уравнения Sн = 28 МВт;

(Sн ‑10) = 18 МВт; (Sн +10) = 38 МВт.

Реактивная мощность на участке 01

**

**Пример расчета 5**. Для схемы однородной кольцевой электрической сети (рис.22) *Uн* = 110 кВ, соs*φ* = 0,8, выполненной проводами АС-185 определить:

- при какой мощности *РΣ* активная мощность на участке 0-1 составит *Р01* = 40 МВт?

- при какой суммарной длине *l* воздушной ЛЭП суммарные потери активной мощности в сети составят *ΔРΣ* = 0,01(*Р1+Р2*)?



*Рис.22. Расчетная схема сети к примеру 5*

1. По таблице 9 находим каталожные данные воздушной ЛЭП АС−185: r0 = 0,162 Ом/км.

2. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис.23).

0 1 2 0'

P1 P2

*Рис.23. Преобразование кольцевой линии*

Так как кольцевая линия однородна, то пренебрегаем сопротивлениями и расчет ведем с использованием длины линии.

3. Активная мощность на участке 01



Получаем из этого уравнения PΣ = 69 МВт,

P1 = 0,6·PΣ = 41,4 МВт, P2 = 0,4 PΣ = 27,6 МВт.

4. Чтобы определить суммарную потерю мощности в кольцевой сети необходимо определить потери активной мощности на участках кольцевой сети 1−2 и 2−0, а для этого активную мощность на участках сети.



*P12 = P20 ‑ P2* = 29 ‑ 27,6 = 1,4 МВт













*ΔРΣ* = *ΔР01 + ΔР12 + ΔР20* = 12,15*l* + 0,012*l* + 7,04*l* = 19,202l.

Согласно исходным данным *ΔРΣ* = 0,01*(Р1+Р2)* = 0,69 МВт, отсюда *l* = 690/19,202 = 36 км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2006. ‑ 672 с.

2. Кудрин Б.И. Электроснабжение и электрооборудование промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: КиоРус, 2011. – 368 с.

3. Шеховцев В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению (2-е изд., СПО). – М.: Издательство «Форум», 2011. ‑ 136 с.

4. Картавцев В., Коробов Г., Черемисина Н.. Электроснабжение. Курсовое проектирование. – М.: Изд-во Лань, 2011. – 192 с.