# Курсовая работа

# **Электроснабжение аэропортов**

**1.Введение**

Электрификация основных производственных процессов в настоящее время столь высокого уровня, что даже кратковременное прекращение подачи электроэнергии серьезно влияет на выход готовой продукции, существенно снижает производительность труда и может привести к большим материальным потерям. Не является исключением и аэрофлот. Во всех службах аэрофлота основным видом энергии является электрическая энергия. Поэтому отключение электропитания практически парализует деятельность этого сложного производственного объединения. Нарушение электроснабжения АТБ, складов ГСМ, аэровокзала и других производственных узлов приведет к прекращению подготовки авиатехники к полетам задержкам рейсов и нарушении регулярности полетов. Обесточивания КДП и других объектов посадки УВД приводит к резкому уменьшению производительной способности аэропортов, может повлечь за собой его закрытие, а при неблагоприятном стечении обстоятельств является причиной летного происшествия и даже катастрофы, поэтому к надежности электроснабжения аэропорта предъявляется повышенное требование, которые необходимо выполнять. Следовательно, рационально построение схемы электроснабжения аэропорта имеет серьезное значение. Целью данного курсового проекта является разработка наиболее выгодной и надежной системы электроснабжения и ее расчет.

**2. Исходные данные**

Класс аэропорта 4

Длина ВПП 1.2км.

Варианты: – Основной 14

– А 15

– В 16

Номинальное напряжение сети 6 кВ

Номинальное напряжение кабеля 10 кВ

График нагрузки 6

Размещение потребителей в АП:

# Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование объекта | Х, км | Y, км | Кол-во |
| 1. | Аэровокзал | 0,9 | 0,25 |  |
| 2. | Посадочный павильон | 1,0 | 0,25 |  |
| 3. | МНО | – | – | 6 |
| 4. | АТБ | -0,9 | 0,3 |  |
| 5. | Стояночные колонки | – | – | 2 |
| 6. | Ангары | -0,1 | 0,3 | 1 |
| 7. | Материальные склады | 0,4 | 0,4 | 3 |
| 8. | Склады ГСМ | 0,5 | 0,5 |  |
| 9. | Котельная | 0,7 | 0,7 |  |
| 10. | Штаб | -0,6 | 0,7 |  |
| 11. | Столовая | -0,6 | 0,6 |  |
| 12. | Гостиница | 0,5 | 0,7 | 1 |
| 13. | Автобаза | -0,3 | 0,7 |  |
| 14. | Водопровод | 1,1 | -0,8 |  |
| 15. | Канализация | 1,3 | 1,1 |  |
| 16. | Подстанция I | 1,0 | 2,0 |  |
| 17. | Подстанция II | – | – |  |
| 18. | Точки прохождения ЛЭП | – | – | – |

Мощность Sб, МВА 300

Сверхпереходное сопротивление Хс´´ 0.35

Питающие линии выполнены проводами марки АС

U1, кВ 110

l1, км 40

F1, мм² 185

U2, кВ 35

І2, км 25

F2, мм² 120

Отклонение напряжения на шинах питающей подстанции в зависимости от нагрузки в процентах

при Imax +7%

при Imin +2%

### Категория почвы 3

Минимальный cosφ 0.95

(задает энергосистема)

Относительная нагрузка 0,55

(приведенная в таблице 2)

Колебания нагрузки 3

Imax/Imin

**3. Обоснование выбора схемы аэропорта.**

Выбранная высоковольтная сеть отвечает всем требованиям надежности (рисунок 1). К источникам 1-й категории подводится два независимых источника (для источников 1-й категории особой группы подводится питание от 3-го источника – дизель генератора). Для аэропорта кабели всегда прокладывают в земле. Для данного проекта выбираем кабель с алюминиевыми жилами, так как он дешевле, чем с медными жилами. Выбираем кабель марки АСБ с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке.

# ТП8

# ТП10

## ТП11

# ТП3

# ТП2

# ТП5

ТП1 (УИП)

# ТП6

# ТП7

# ТП4

## ТП13

## ТП12

## ТП9

# Рисунок 1. Схема сети 6 кВ

Аэропорт питают две воздушные линии 110 и 35 кВ. Они подходят к питающей подстанции ТП1 (ЦИП).

В качестве ЦРП принята ТП4 , так как она находится в центре всей нагрузки аэропорта. ЦРП обеспечивает высококачественный контроль работы всей распределительной сети аэропорта.

Большинство потребителей питаются по петлевой схеме, которая обеспечивает высокую надежность питания и является предельно простой.

ТП12, ТП13 питаются по одной линии, вторым источником питания для них является дизель-генератор.

Дизель генераторы также необходимо устанавливать на ТП3, ТП4, ТП6, так как они питают потребителей особой группы.

Питание ГРМ и КРМ происходит по низковольтным линиям от ТП3 и ТП6 соответственно. Хотя это и объекты особой группы, в третьем источнике нет необходимости, так как надежность двух низковольтных линий очень высокая.

Категорийность объектов выбирается исходя из значимости для нормальной работы аэропорта.

Электроприемники, от работы, которых зависит безопасность полетов, относятся к приемникам особой группы. В нашем проекте согласно нормам технологического проектирования и рекомендациям ИКАО, следующие электроприемники относятся к особой группе, со следующими допустимыми перерывами в питании.

 ГРМ, КРМ 0 1-15с.

 КДП 1с. 1с.

 БПРМ 1с. 15с.

Приемники первой категории – допустимый перерыв питания 15с. Приемники второй категории – допускается перерыв на время ручного переключения.

Вопрос о питании столовой был выяснен в технико-экономическом сравнении. Оказалось, что питание по низковольтной линии от ТП10 более выгодно, чем строить свою подстанцию.

Выбор защитных устройств для линий и ТП не производим, так как это не предусмотрено в задании к данному курсовому проекту.

**4. Расчет присоединенной нагрузки.**

Расчет присоединенной нагрузки каждого объекта ведется следующим образом. Для осветительных сетей умножаем осветительную мощность Ру на коэффициент нагрузки Кн и коэффициент спроса Кс. Получаем активную присоединенную мощность осветительной сети данного объекта (потребителя) Рпр. Для силовых сетей Рпр получаем аналогично. Реактивную присоединенную нагрузку получаем умножением Рпр на tgφ, определяемый из заданного cosφ. Затем находим суммарное активное и реактивные присоединенные мощности.

Рассмотрим расчет мощности на примере объекта «Аэровокзал».

Осветительная нагрузка

Рпр=Кн·Кс·Ру ; Ру=600 кВт, Кс=0.8, Кн=0.2

Рпр=600·0.8·0.2=96 кВт

#### Силовая нагрузка

Рпр=Кн·Кс·Ру; Qпр=Рпр·tgφ

Ру=1200 кВт, Кс=0.65, Кн=0.2, cosφ=0,75, tgφ=0,88

Рпр=1200·0,65·0,2=156 кВт

Qпр=156·0,88=137.28 квар

ΣРпр=252 кВт

Σ Qпр=137 квар

Аналогично рассчитываем мощности других потребителей и сводим их в таблицу 2.

##### Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование объекта | Осв. нагр cosφ=1 | Силовая нагрузка | Кн | Рпр, кВт | Qпр, квар | S,кВА |
| Ру | Кс | Ру | Кс | cosφ | tgφ |
| Аэровокзал | 600 | 0,8 | 1200 | 0,65 | 0,75 | 0,88 | 0,2 | 252 | 137 | 287 |
| Посад. павильон | 300 | 0,75 | 600 | 0,75 | 0,7 | 1,02 | 0,4 | 270 | 184 | 327 |
| МНО | 40 | 0,9 | – | – | – | – | 0,3 | 11 | – | – |
| АТБ | 400 | 0,75 | 850 | 0,7 | 0,72 | 0,96 | 0,3 | 269 | 171 | 319 |
| Стоян. колонка | – | – | 30 | 0,9 | 0,65 | 1,17 | 0,5 | 14 | 16 | 21 |
| Ангары | 150 | 0,9 | 600 | 0,6 | 0,75 | 0,88 | 0,6 | 297 | 190 | 353 |
| Мат. склад (1сд.) | 40 | 0,8 | 40 | 0,5 | 0,7 | 1,02 | 0,6 | 31 | 12 | 34 |
| ГСМ | 100 | 0,8 | 600 | 0,6 | 0,75 | 0,88 | 0,5 | 220 | 158 | 271 |
| Котельная | 80 | 0,8 | 1500 | 0,8 | 0,72 | 0,96 | 0,4 | 506 | 461 | 684 |
| Штаб | 170 | 0,9 | 50 | 0,6 | 0,8 | 0,75 | 0,4 | 73 | 9 | 74 |
| Автобаза | 140 | 0,8 | 840 | 0,65 | 0,8 | 0,75 | 0,5 | 329 | 205 | 388 |
| Водопровод | 20 | 0,6 | 350 | 0,7 | 0,75 | 0,88 | 0,4 | 103 | 86 | 134 |
| Канализация | 8 | 0,6 | 140 | 0,7 | 0,75 | 0,88 | 0,2 | 21 | 17 | 27 |
| Светосигнальная система | 8 | 0,5 | 260 | 0,83 | 0,8 | 0,75 | 0,2 | 44 | 32 | 55 |
| БПРМ | 4 | 0,8 | 60 | 0,82 | 0,8 | 0,75 | 0,5 | 26 | 18 | 32 |
| ДПРМ | 3 | 0,75 | 40 | 0,77 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 23 | 16 | 28 |
| РСБН | – | – | 84 | 0,65 | 0,8 | 0,75 | 0,8 | 38 | 28 | 47 |
| КРМ | – | – | 12 | 1 | 0,8 | 0,75 | 2,5 | 30 | 23 | 38 |
| ГРМ | – | – | 12 | 1 | 0,8 | 0,75 | 2,5 | 30 | 23 | 38 |
| СДП | 2,5 | 0,6 | 45 | 0,87 | 0,8 | 0,75 | 0,5 | 20 | 15 | 25 |
| АРП | – | – | 13,3 | 1 | 0,8 | 0,75 | 0,25 | 3 | 2 | 4 |
| ОРЛ-Т | 3 | 0,65 | 180 | 0,67 | 0,8 | 0,75 | 0,4 | 49 | 36 | 61 |
| ПРЛ | – | – | 32 | 0,85 | 0,85 | 0,62 | 0,8 | 22 | 13 | 26 |
| КДП | 25 | 0,9 | 270 | 0,65 | 0,85 | 0,62 | 0,3 | 59 | 33 | 68 |
| МРЛ | – | – | 35 | 1 | 0,8 | 0,75 | 0,5 | 18 | 13 | 22 |
| Столовая (300 мест) | 300\*0,9 | 0,8 | – | – | 0,97 | 0,2 | 0,44 | 86 | 17 | 88 |
| Гостиница (800 м.) нагр. распред. по руководству | 800\*0,12 | 1 | – | – | 0,9 | 0,48 | 0,3 | 29 | 14 | 32 |

Кс=0,8 (Приложение 3); Удельная расчетная нагрузка 0.9 кВт

Рпр=Кн·Кс·Ру =0,8·0,4·270=86,4 кВт осветительная нагрузка

Рпр=Кн·Кс·Ру силовая нагрузка

Qпр=Рпр·tgφ силовая нагрузка Qпр=86,4·0,2=17,28 квар

**5. Технико-экономический расчет.**

Если Pl ‹ 20 кВт·км, то его рационально (объект) питать от более мощной подстанции.

Если Pl › 100 кВт·км, то на объекте нужно ставить ТП.

Если 20 ‹ Pl ‹ 100 кВт·км, то нужно делать технико-экономический расчет

При расчете сетей стараются такие технико-экономические решения, которые можно заложить в самом начале технического проектирования и таким образом сразу получить наиболее экономическое решение.

Составим сравнение двух вариантов схем электроснабжения, чтобы узнать какой из них экономически выгоден, установить ТП непосредственно у объекта «столовая» и тянуть высоковольтную линию, либо подводить питание к столовой от ближайшей ТП по низковольтному кабелю.

Вариант 1: ***Высоковольтная сеть. Электрический расчет***

0.1

N

0.32

Штаб

73 + J9

Столовая

86 + J17

Автобаза

329+ J205

Расчет сечений высоковольтной сети ведется по экономической плотности тока

Fэк=I/Jэк, где Jэк – определяется в зависимости от материала и конструкции, использование максимальной нагрузки Тmax=3000 ч., кабель с бумажной изоляцией, Al, Jэк=1,6 А/мм²

Fэк=7,75/1,6=4,84 мм²

Ближайшее стандартное значение Fст=10 мм², Iдд=60 А

Находим потери напряжения

Это составляет 0,25% ‹ ΔUдоп=6%

Рассмотрим ПАР

Iпар=7,75·2=15,5 А

Как видим Iпар ‹ Iдд.

Следовательно, кабель сечением 10 мм² подходит.

***Экономический расчет.***

В случае сооружения ТП на объекте «столовая», согласно приложению 8 затраты составляют 11500 грн. Затраты на сооружение высоковольтной кабельной линии: стоимость кабеля 21400 грн./км (АСБ), стоимость строительных работ 530 грн./км.

(21400+530)·0,32·2=1710 грн.

Учитывая требуемые нормативы ежегодных отчислений приведенных в приложении 4 и Ен=12% определяем по формуле ежегодные расчетные затраты за счет капитальных вложений:

З=Ен·К+И=(Ен+Еа+Ео)·К+Сэ

Ен=12% – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Еа=2% – для отчислений на амортизацию

Ео=2% – для отчислений на обслуживание

Сэ – стоимость годовых потерь электроэнергии

Звл=(0,12+0,094)·41,15+(0,12+0,043)·1,71=2,74 тыс. грн.

Для завершения экономического расчета необходимо еще определить стоимость ежегодных потерь в кабелях. По высоковольтному кабелю в нормальном режиме протекает ток 8 А. Потери в высоковольтном кабеле за 1 год (τ=3000ч.) составляет:

Авл=3I²rdτ=3·64·3,5·0,32·3000=571 кВт/ч

Стоимость потерь электроэнергии:

Сэ=(571/0,8)·1,2=8 грн.

Вариант 2: ***Низковольтная сеть. Электрический расчет.***

0.3

0.1

0.32

# N

# N

# N

# ТП10

# ТП10

Штаб

73 + J 9

# Автобаза

329 + J 205

Столовая

86 + J 17

Расчет сечений низковольтной сети ведется по минимуму массы проводов и проверяется по допустимой потере напряжения.

Найдем ток в рабочем режиме:

Принимаем ΔUдоп=4,5%=17,1В

Рассчитаем потерю напряжения на индуктивном сопротивлении линии:

Определяем допустимою потерю напряжения на активном сопротивлении линии:

ΔUадоп= ΔUдоп-ΔUх=17,1-0,85=16,25В

ρAl=35 Ом·мм²/км

Определяем сечение

Стандартное ближайшее значение

Fст=150 мм² Iдд=305 А

Как видим

Iдд › Iр

Проверим по потери напряжения:

Это составляет 4,2% ‹ ΔUдоп=4,5%

Рассмотрим ПАР:

Iдд › Iпар сечение подходит

Проверим по потере напряжения:

Это составляет 7,7% ‹ ΔUдоп=4,5+5=9,5%

***Экономический расчет.***

Как показал электрический расчет по низковольтной стороне, необходимо тянуть один 4-х жильный кабель на 320 м сечением 150 мм². При таком варианте стоимость кабеля с прокладкой составит

(5,07+0,53)·0,32=1,792 тыс. грн.

Также при варианте низковольтной сети необходимо поставить на объекте распределительный щит, общей стоимостью 1,35 тыс. грн. Учтем также, что при присоединении дополнительной мощности к ближайшей ТП, придется увеличивать мощность трансформаторов в этой ТП с 2х160 кВА на 2х250 кВА. Ввиду этого потребуется еще 2000 грн. на сооружение более мощной ТП.

Таким образом, приведенные расчетные затраты составляют:

Знл=4,4·0,214+1,722·0,163=1,233 тыс. грн.

По низковольтному кабелю протекает ток 134 А. Потери в низковольтном кабеле за один год составляет (τ=2000 ч.):

ΔАнл=3·I·R0·l·τ=3·17956·0,21·0,32·2000=7240 кВт/ч

Стоимость потерь электроэнергии:

Теперь можно произвести сравнение приведенных годовых народнохозяйственных затрат по обеим вариантам. Нетрудно заметить, что в случае сооружения ТП, расчетные затраты составляют 2,74 тыс. грн., в то время как при прокладке низковольтного кабеля они не превышают 1,233 тыс. грн. Низковольтный вариант экономичнее на 1,51 тыс. грн. По этому ему не обходимо отдать предпочтение.

**6. Расчет нагрузок и выбор мощности силовых трансформаторов.**

Нагрузку ТП определяют по формуле:

∑Рi – присоединенная активная суммарная мощность всех ЭП, питающихся от данной ТП.

∑Qi – присоединенная суммарная реактивная мощность.

Для потребителей первой категории рекомендуется устанавливать 2 трансформатора на ТП. Одно-трансформаторные подстанции встречаются у потребителей второй категории.

При выборе мощности трансформатора необходимо проверить его перегрузочную способность. Для этого определяют максимальную нагрузку по графику суточной нагрузки:

SНГ/SТР

1

0,9

0,8

0,7

0,6

0,5

0,4

0,3

0,2

0,1

0

ТП2

ТМ-25

ТП6

ТМ-100

ТП13

ТМ-25

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

t, Ч

Рисунок 2.

1. Для одно-трансформаторных подстанций выбирать трансформатор с номинальной мощностью больше Sнг.max/1,5 и рассчитать двухступенчатый график нагрузки, период ночной нагрузки Sнг ‹ Sном и период перегрузки Sнг›Sном

Рассмотрим пример расчета одно-трансформаторной подстанции для ТП13 (ДПРМ):

Sнг.max=28 кВА

Выбираем трансформатор с номинальной мощностью

Sном.тр › Sнг.max/1,5=28/1,5=19 кВА ‹ Sтр =25кВА

Берем ТМ-25

Для первого периода следует определить усредненный коэффициент нагрузки

К1=0,68.

где ti – время, для которого справедливо неравенство Sнг i < Sном \*

К2’=1,1198

где ti – время, для которого справедливо неравенство Sнг i > Sном \*

0.9Sнгmax/Sном=1,01< К2’ =1,12

Кгр= К2’=1,12

t2=h2=∑hi=4

Kз=Sнгmax/n⋅Sном тр=1,12

Средняя температура окружающей среды зимняя для Симферополя –1,8ºС, учитывая установку трансформаторов внутри подстанции (то есть в помещении), среднюю температуру (зимнюю) увеличиваем на 10ºС, и она будет 8,2ºС.

Берем θохл=10ºС

К2 табл=1,4 › К2 расч=1,12

Значит, трансформатор ТМ-25 выдержит запланированные систематические перегрузки.

Аналогичным образом производим расчет остальных одно-трансформаторных подстанций. Результаты, полученные в ходе вычислений заносим в таблицу 3.

2. Рассмотрим пример для двух трансформаторных подстанций, для ТП2 (РСБН-У).

Sнг.max=47 кВА

Для двух трансформаторных подстанций мощность трансформатора должна быть Sтр ≥ Sнг.max/2=47/2=23,5 кВА

Выбираем трансформаторы ТМ-25. Для двух трансформаторных подстанций, как правило, более тяжелыми является послеаварийный режим, когда вся нагрузка приходится на один трансформатор.

Расчет ведется по суточному графику нагрузки (рисунок 2) и рассчитывается К1, К2, t2.

Sном= Sтр/ Sнг max=25/47=0,523

Коэффициент нагрузки:

К1=0,851

Коэффициент перегрузки:

К2’=1,47

Так как расчетное значение:

К2’=0,9 ⋅ Sнг max/ Sном=0,9 ⋅ 4,7/25=1,692, то принимаем: Кгр=1,692

t2=12,08

К2табл=1,4

К2расч › К2табл=1,4 Кз=47/(2 ⋅ 25)=0,94

Трансформатор ТМ-25 не выдержит систематических перегрузок, берем ТМ-40.

Sном=40/47=0,851

Коэффициент нагрузки:

К1=0,851

Коэффициент перегрузки:

К2’=1,47

0,9 ⋅ Sнг max/ Sном=0,9 ⋅ 47/40=1,06

К2расч =1,18 t2=h2=∑hi=4

К2табл =1,6 Кз=47/(2 ⋅ 40)=0,59

К2табл ›К2расч

Трансформатор ТМ-40 выдержит систематические перегрузки.

Аналогичным образом производим расчет остальных двух трансформаторных подстанций. Полученные результаты заносим в таблицу 3.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №,ТП | Объект, питаемый от ТП | Sнг max | Кол-во тр-ов | Тип тр-ра | Кз | К1 | t2 | К2’ | К2табл |
| 1. | ЦИП | 3634 | 2 | 1 |  |  |  |  |  |
| 2. | РСБН-У | 47 | 1 | ТМ-40 | 0,59 | 0,72 | 4 | 1,18 | 1,6 |
| 3. | ОПР-Л | 64 | 2 | ТМ-63 | 0,51 | 0,62 | 4 | 1,02 | 1,6 |
| 4. | КДП | 68 | 2 | ТМ-63 | 0,54 | 0,66 | 4 | 1,08 | 1,6 |
| 5. | Водопровод | 161 | 2 | ТМ-160 | 0,5 | 0,62 | 4 | 1,01 | 1,6 |
| 6. | УКВ-пеленг | 146 | 2 | ТМ-100 | 0,73 | 0,75 | 11 | 1,23 | 1,4 |
| 7. | Посад. пав-н | 679 | 2 | ТМ-630 | 0,54 | 0,66 | 4 | 1,08 | 1,6 |
| 8. | Котельная | 716 | 2 | ТМ-630 | 0,57 | 0,69 | 4 | 1,14 | 1,6 |
| 9. | Склад ГСМ | 428 | 2 | ТМ-400 | 0,54 | 0,66 | 4 | 1,08 | 1,6 |
| 10. | Автобаза | 550 | 2 | ТМ-400 | 0,69 | 0,79 | 6 | 1,3 | 1,5 |
| 11. | Ангар | 715 | 2 | ТМ-630 | 0,57 | 0,69 | 4 | 1,14 | 1,6 |
| 12. | БПРМ | 32 | 1 | ТМ-25 | 1,28 | 0,704 | 6 | 1,22 | 1,29 |
| 13. | ДПРМ | 28 | 1 | ТМ-25 | 1,12 | 0,61 | 4 | 1,12 | 1,41 |

**7. Выбор питающих трансформаторов.**

При выборе питающих трансформаторов необходимо учесть, что наиболее тяжелым для них является ПАР, когда вся нагрузка приходится на один трансформатор. Следовательно, выбор питающих трансформаторов производим по ПАР.

Sнг.max=3634 кВА

Котн.нг=0,55

Sнг= Sнг.max/Котн.нг=3634/0,55=6607 кВА

Ориентировочная мощность:

Sтр≥Sнг/2·Кз.мах=6607/2·0,8=2643 кВА

Для ЦИП выбираем трансформаторы:

ТМН-6,3: ВН=115 кВ; НН=6,3 кВ; Рхх=13 кВт; Ркз=50 кВт; Iхх=1%; Uк=10,5%;

ТМН-6,3: ВН=53 кВ; НН=6,3 кВ; Рхх=9,4 кВт; Ркз=46,5 кВт; Iхх=0,9%; Uк=7,5%;

**8.Расчет потерь напряжения и мощности в трансформаторах.**

Так как трансформаторы имеют значительное внутреннее сопротивление, то имеем потери напряжения в трансформаторе. Потери напряжения наиболее удобно определять в относительных величинах.

ΔUт\*=Rт\*\*Pнг\*+Хт\*\*Qнг\*

Rт\* – активное относительное сопротивление тр-ра: Rт\*=Pr/Sном

Хт\*– относительное индуктивное сопротивление тр-ра

Pнг\* и Qнг\*– относительные активная и реактивная нагрузки:

Pнг\*= Pнг/Sном.тр Qнг\*= Qнг/Sном.тр

Трансформаторы являются потребителями реактивной мощности:

Sнг\*=Sнг.мах/Sном

Потери активной мощности:

ΔP=P0+Pk\*Sнг\*²

Рассмотрим пример расчета для ТП2:

Рк=0,88 кВт; Р0=0,17 кВт; Uк=4,5%; Iхх=3%;

S=47 кВА

Находим Rт=0,88/40=0,022

Хт\*=0,039

Pнг\*=38/40=0,95; Qнг\*=28/40=0,7; ΔUт\*=0,022 · 0,95+0,39 · 0,7=0,0482

ΔUт=4,8%=18 В

Р=0,17+0,88\*0,3481=0,48 кВт\*2=0,96 кВт

Аналогично рассчитываем потери напряжения и мощности для остальных трансформаторов и заполняем таблицу 4.

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Кол-во трансформаторов | Тип трансформатора | U, кВт U, B U, % |
| 2. 38+j283. 52+j364. 59+j335. 124+j1036. 117+j877. 580+j3378. 535+j475 | 2 | ТМ-40 | 0.88 0.17 4.53.0 0.59 0.963.7 9 2.41.28 0.24 4.52.8 0.51 1.155 7.5 1.91.28 0.24 4.52.8 0.54 1.225.18 7.5 192.65 0.52 4.52.4 0.5 2.3611.28 7.5 1.91.97 0.33 4.52.6 0.732.76 10 112.8 7.6 1.425.5 2.0 7.61.42 5.5 2.00.54 0.57 7.247.78 45.4 47.727.2 9.5 22.5 |
| 2 | ТМ-63 |
| 2 | ТМ-63 |
| 2 | ТМ-160 |
| 2 | ТМ-100 |
| 2 | ТМ-630 |
| 2 | ТМ-630 |
| 9. 357+j22610. 488+j23111. 602+j37712. 26+j18 | 2 | ТМ-400 | 5.5 5.5 7.60.6 0.6 0.922.92 1.42 0.130.13 4.5 4.55.5 4.5 4.52.3 2.3 2.03.2 3.2 0.540.69 0.57 1.281.12 5.05 7.087.78 1.11 0.8828.9 35.54 74.722.64 2.21 78 8.5 2018 1.84 2.12.2 5.23 4.64 |
| 2 | ТМ-400 |
| 2 | ТМ-630 |
| 1 | ТМ-25 |
| 13. 23+j16 | 1 | ТМ-25 |

ΔU для двух трансформаторных подстанций следует разделить на 2.

Вывод: ΔР и ΔQ можно усреднить:

ΔР=3,78 кВт

ΔQ=20,4 квар

И в дальнейшем не усложнять себе работу лишними расчетами.

ΔU в двух трансформаторных подстанциях составляет в среднем 2,2%, а у одно-трансформаторных подстанций ΔU=4,9%

2,2%<4,9%

То есть потери в одно-трансформаторных подстанциях почти в 2,2 раза больше чем у двух трансформаторных подстанций. Это происходит по тому, что двух трансформаторные подстанции работают в нагруженном режиме.

**9. Определение присоединенной нагрузки с учетом потерь мощности в трансформаторах.**

Присоединенная нагрузка определяется с учетом количества электрических приемников питаемых от ТП, плюс потери в трансформаторе.

Пример расчета для ТП2 (РСБН-У): мощность электроприемников:

Sнгмах=47 кВА

Потери: Р=38 кВт Q=28 квар

 ΔР=0,96 кВт ΔQ=3,7 квар

Мощность нагрузки:

∑Р=Р+ΔР=38+0,96=38,96кВт

∑Q=Q+ΔQ=28+3,7=31,7квар

Р+jQ=38.96+j31,7, так как на ТП2 2 трансформатора, то вся нагрузка приходится на 2 линии. Составим таблицу 5 с учетом потерь.

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № ТП | Кол-во тр-ов | Полная нагрузка | Нагрузка на одну линию |
| 2. | 2 | 38,96+j31,7 | 19,48+j15,85 |
| 3. | 2 | 53,15+j41 | 26,58+j20,5 |
| 4. | 2 | 60,22+j38,18 | 30,11+j19,09 |
| 5. | 2 | 126,36+j114,28 | 63,18+j57,14 |
| 6. | 2 | 119,76+j97 | 59,88+j48,5 |
| 7. | 2 | 587,27+j382,4 | 293,64+j191,2 |
| 8. | 2 | 542,78+j522,72 | 271,39+j261,36 |
| 9. | 2 | 362,05+j254,9 | 181,03+j127,45 |
| 10. | 2 | 495,08+j266,54 | 247,54+j133,27 |
| 11. | 2 | 609,78+j424,72 | 304,89+j212,36 |
| 12. | 1 | 27,11+j20,64 | 27,11+j20,64 |
| 13. | 1 | 23,88+j18,21 | 23,88+j18,21 |

**10. Расчет потока мощности по участкам в рабочем режиме.**

3

ТП11

4

ТП12

5

ТП13

Л6 0,72

Л7

4

Л8; 0,81

 2

Л2 ТП3

1

ТП2

610+ j425

8

ТП10

248+j134

30+j19

24+j18

27+j21

 Л5

0,66

# ТП1

 Л14

Л13

 Л12

0,76

Л1

7

ТП10

Л3 0,07

6; ТП4

Л4

53+j41

303+j32

1,68

0,54

Л9

6

ТП4

1

ТП5

2

ТП6 тп

3

ТП7

4

ТП8

5

ТП9

1,01

 Л11

 Л10

 0,75

1,01

0,56

0,19

0,54

30+j19

326+j255

543+j523

587+j382

120+j97

126+j134

Sл1=(1279+j824)кВА Sл8=248+j134

Sл2=1240+j792 Sл9=1768+j1390

Sл3=278+j153 Sл10=1642+j1276

Sл4=248+j134 Sл11=1522+j1179

Sл5=909+j598 Sл12=935+j797

Sл6=51+j39 Sл13=392+j274

Sл7=24+j18 Sл14=30+j19

1, 2...– номера точек при расчете токов короткого замыкания на ЭВМ.

 – коэффициенты схемы (КС).

**11.Расчет сечений кабелей высоковольтной сети аэропорта в рабочем режиме.**

Сечение проводов высоковольтной линии электропередачи, рекомендуется выбирать по экономической плотности тока, т.е. такой плотности при которой расчетные затраты получаются минимальными.

В ПУЭ для определения экономического сечения проводов линии рекомендуется пользоваться формулой: Fэк=Imax/ Jэк

Imax – максимальная нагрузка при нормальной работе сети.

Jэк – экономическая плотность тока А/мм², берется в зависимости от материала, конструкции кабеля и Тн (число часов использования максимально активной нагрузки).

Пример расчета сечения кабеля на участке 1 (линия 1).

Суммарная мощность:∑S=1279+j824=1521кВА, Код=0,8

Найдем рабочий ток:

I1p=117 A

Так как кабель алюминиевый с бумажной изоляцией (пропитанной) принимаем:

Jэк=1,6А/мм² (Тм=3000 часов)

Находим сечение: Fэк= Imax/ Jэк=117/1,6=73мм²

Стандартное ближайшее значение Fст=70мм² с Iдд=190 А. Как видим, кабель проходит по току.

Составляем таблицу 6 значений остальных сечений сети для рабочего режима:

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №, лин | Мощностьна участке | Мощность на участке х Код | l, км | Ro, Ом/км | Хо, Ом/км | Код | Iраб, А | Fрасщ, мм² | Fст, мм² | Iдд, А |
| 1. | 1279+j824 | 1023+j659 | 1,68 | 0,44 | 0,086 | 0,8 | 117 | 73 | 70 | 190 |
| 2. | 1240+j792 | 1091+j697 | 0,66 | 0,44 | 0,086 | 0,81 | 115 | 78 | 70 | 190 |
| 3. | 278+j153 | 278+j153 | 0,57 | 1,94 | 0,113 | – | 31 | 19 | 16 | 80 |
| 4. | 248+j134 | 248+j134 | 0,54 | 1,94 | 0,113 | – | 27 | 17 | 16 | 80 |
| 5. | 909+j598 | 818+j538 | 0,76 | 0,62 | 0,09 | 0,9 | 94 | 59 | 50 | 155 |
| 6. | 51+j39 | 51+j39 | 0,72 | 3,1 | 0,112 | – | 6 | 4 | 10 | 60 |
| 7. | 24+j18 | 24+j18 | 4 | 3,1 | 0,112 | – | 3 | 2 | 10 | 60 |
| 8. | 248+j134 | 248+j134 | 0,81 | 1,94 | 0,113 | – | 27 | 17 | 16 | 80 |
| 9. | 1768+j1390 | 1503+j1182 | 1,21 | 0,26 | 0,081 | 0,81 | 175 | 115 | 120 | 260 |
| 10. | 1642+j1276 | 1478+j1148 | 1,01 | 0,26 | 0,081 | 0,92 | 164 | 113 | 120 | 260 |
| 11. | 1522+j1179 | 1370+j1061 | 0,75 | 0,33 | 0,083 | 0,95 | 157 | 104 | 95 | 225 |
| 12. | 935+j797 | 842+j717 | 0,54 | 0,44 | 0,086 | 0,9 | 106 | 66 | 70 | 190 |
| 13. | 392+j274 | 392+j274 | 0,29 | 1,24 | 0,099 | – | 46 | 29 | 25 | 105 |
| 14. | 30+j19 | 30+j19 | 0,56 | 3,1 | 0,122 | – | 3 | 2 | 10 | 60 |

Проверим данную сеть на потери напряжения. В сети 6 кВ они должны быть ΔU=(6–8)%.

Потери напряжения находим по формуле ΔU=(∑Рлі\*Rлі\*li+∑ Qлі\*Xлі\*li)/U

Расчет ведется по наиболее удаленной точке сети и с учетом Код.

Самой удаленной точкой линии является ТП13 ΔU=342 В

Это составляет 5,7% и удовлетворяет условию ΔUдоп=6%

**12. Расчет низковольтной сети.**

Этот расчет ведется по допустимой потере напряжения и по минимуму массы проводов. Требования ГОСТ 13109-76 можно удовлетворить, если потери напряжения в отдельных элементах сети не будет превышать некоторых допустимых значений.

***Петлевая сеть: (штаб, столовая).***

0.13

0.1

0.3

 86+j16

ТП10 Л1 Штаб Л8 Стол. Л3 ТП10

73+j9

Л2 в рабочем режиме не участвует. Примем ΔUдоп=4,5%=17,1В. Потеря напряжения на индуктивном сопротивлении линии:

ΔUх1=(Хо∑Q\*l)/U=(0,06\*9\*0,3)/0,38=0,43 В

ΔUх2=(0,06\*16\*0,1)/0,38=0,25 В

ΔUх3=(0,06\*16\*0,32)/0,38=0,81 В

Допустимые потери на активном сопротивлении линии:

ΔUа доп1= ΔUдоп-ΔUх=17,1-0,43=16,67 В

ΔUа доп2=17,1-0,25=16,85 В

ΔUа доп3=17,1-0,81=16,29 В

F1=(ρ\*∑li\*Pi)/(ΔUа доп.\* ΔUн)=121 мм²; F2=47 мм²; F3=155 мм²

F1ст=120 мм²; F2ст=50 мм²; F3ст=150 мм²

Iдд=270 А > Ip=111 A

Iдд=165 А

Iдд=305 А > Ip=133 A

Проверим по ΔU

ΔU1=15 В Это составляет 4,1% < ΔUдоп =4.5%

ΔU3=16 В Это составляет 4,2% < ΔUдоп =4.5%

Проверим ПАР:

Л2

Л1

0,1

0,3

86+j16

73+j9

I1пар=244 А < Iдд проходит

I2пар=133 А < Iдд проходит

Проверим потерю напряжения:

ΔU=48,7 В

Это составляет 10,9% > 4,5%+5%=9,5%

Увеличиваем Л1: Fст=150мм² Iдд=305 А

Увеличиваем Л2: Fст=120мм² Iдд=270 А

ΔU=37 В

Это составляет 8,9% < 9,5%

***Обрыв Л1***

Расчет аналогичен предыдущему

ΔU=35,5 В; Это составляет 9,3% < 9,5% – проходит

ΔU=12,5 В; Это составляет 3,3% < 4,5% – проходит

***Низковольтная сеть. (3 мат. склада.)***

Л1

Л2

Л3

0,1

0,1

0,14

31+j12

31+j12

31+j12

Iр1=76 А; Iр2=50 А; Iр3=26 А;

ΔUх=0,86 В; ΔUа.доп.=17,1-0,68=16,42 В

F1=36 мм²; Fст =35мм²; Iдд=135 А

F2=18 мм²; Fст =16мм²; Iдд=90 А

F3=9 мм²; Fст =10мм²; Iдд=65 А

ΔU=45 В; 11,8% > 9.5% не подходит.

Подбираем другие сечения

F1, 2, 3=50 мм²; Iдд=165 А;

ΔU=15,9 В; 4,2% < 4,5%;

Рассмотрим ПАР:

I1пар=151 А

I2пар=101 А

I3пар=50 А

ΔU=32 В

Это составляет 8,4% и удовлетворяет условие ΔUдоп=9,5%;

***Низковольтная сеть (ГРМ).***

0.3

Ip=29 A; ΔUх=0,54 В;

30+j23

ΔUдоп=17,1- 0,54=16,56 В9

F=25 мм²; Fст =25мм²; Iдд=115 А;

ΔU=15,2 В; 4% < 4,5%;

В ПАР: Iпар=57 А;

ΔU=30 В; 8% < 9,5%;

**13. Расчет токов короткого замыкания.**

Расчет Iк.з на шинах силового трансформатора на низкой стороне.

Используя таблицу, принимаем среднее геометрическое расстояние между проводом 0,4 мм, Х0=0,4 Ом/м для проводов марки АС линии эллектро передач. Относительное реактивное сопротивление:

Xл1\*=0,361

Хл2= 2,226;

Относительное индуктивное сопротивление трансформаторов:

Хтр\*1=Uк1/100\*Sб/ Sном=0,4\*40\*300/1,1\*12100=5

Хтр\*2=3,57

Точки короткого замыкания:

Iк1\*’’’=Е\*/(Хс”+Xл1\*+Хтр\*1)=0,18

Iкз1\*’’’=5,18 кА

Iк2\*’’’=0,16

Iкз2\*’’’=4,6 кА

**14. Проверка термической устойчивости кабеля от действия тока короткого замыкания.**

Для расчета берем кабель, у которого сечение имеет наибольшую разницу с предыдущим сечением. Для примера возьмем высоковольтный кабель с F=10мм², Iдд=60 А, Iр=6 А на линии 6, Ік’’’=0.95 кА

Определим первоначальную температуру кабеля:

Qнач=Δt(Iр/ Iдд)²+tокр. ср.

Qнач=Qдд-Qном=60-15=45°С

Qдд=60°С; Qном=15°С

Q=15°С

По графику находим при Q=15°С; Ан=1500(А²\*с)/(мм²)

Зная max допустимую температуру нагрева алюминия, находим Акз.

При нагреве кабеля при токе короткого замыкания до температуры Qкз=200°С величина Акз.’=14000 (А²\*с)/(мм²)

Тогда ΔА=Акз.’-Ан=12500(А²\*с)/(мм²)

Зная это значение можно определить допустимое значение времени короткого замыкания, за которое кабель нагреется до Qдоп

t=ΔА\*F²/ Iкз²=1,4 с

По результатам можно сделать вывод, что при установке защиты на этом участке, при коротком трехфазном замыкании защита должна сработать меньше чем за 1,4 с, иначе будет наблюдаться перегрев кабеля, что приведет к разрушению изоляции и пробою кабеля на этом участке.

**15.Закон регулирования напряжения.**

Закон регулирования напряжения необходим для обеспечения качества электроэнергии (напряжения) в электросети. Для этого необходимо выбрать две точки сети: наиболее «близкую» и наиболее удаленную в электрическом отношении от источника питания. Если потери в линии до данного объекта превышают 2,5%, то их можно регулировать отпайками трансформатора. Нам задан диапазон регулирования на шинах питающей подстанции, в зависимости от колебания нагрузки.

Потери в линиях рассчитываем по формуле ΔUl=(Pлi\*Roi+Qлi\*Xoi)\*li/Uн

ΔU1=137 В; 2,3%. ΔU2=52 В; 0,9%.

ΔU3=18 В; 0,3%. ΔU4=45 В; 0,7%.

ΔU5=78,2 В; 1,3%. ΔU6=19,54 В; 0,3%.

ΔU7=51,1 В; 0,9%. ΔU8=67 В; 1,1%.

Анализируя схему аэропорта, и просчитав потери в элементах сети принимаем, что в роли ближних точек будут: Б1 – РСБН-У (ТП2)

Б2 – автобаза (ТП10),

а в роли дальних: Д1 – ГРМ

Д2 – столовая

Т3

Т1

То

Б2

Д2(Столовая)

Д1(ГРМ)

Б1

Л5 Л3

Л4

Л1

*Схема для расчета закона регулирования*

Все потери в линиях обозначены на рисунке 9. Сечение линий приведены в таблице 6. Отклонения напряжения на линиях питающей подстанции при Imax+7%, при Imin+2%. Потери в высоковольтной линии:

до ТП2: ΔUвв max=2,3%;

до ТП3: ΔUвв max=3,2%;

до ТП10: ΔUвв max=5,6%.

Потери низковольтной линии:

Д1: ΔUнв max=4%;

Д2: ΔUнв max=4,2%.

Так как соотношения токов при максимуме и минимуме нагрузки по заданию при Imax/ Imin=3, то чтобы найти потери при минимуме нагрузки, максимальные потери соответственно нужно уменьшить:

до ТП2: ΔUвв min=0,77%;

до ТП3: ΔUвв min=1,1%;

до ТП10: ΔUвв min=1,9%.

Д1: ΔUнв min=1,3%;

Д2: ΔUнв min=1,4%.

ΔUт – в таблице 4 (пункт 8)

ΔUнв – при расчете низковольтной сети (пункт 13)

Uвых= + 5%+ ΔUвв+ ΔUti+ ΔUнв

 Uвых max=5+2,3+4,8=12,1

1Б

Uвых min=5+0,77+1,6=7,37

 Uвых max=5+5,6+4,2=14,8

2Б

Uвых min=5+1,9+1,4=8,3

 Uвых max=-5+3,2+3,96+4=6,16

1Д

Uвых min=-5+1,1+1,32+1,3=-1,28

 Uвых max=-5+5.6+4,2+4,2=9

2Д

Uвых min=-5+1,9+1,4+1,4=-0,3

Рассчитаем потерю напряжения в силовом трансформаторе

ΔUт=Рк\* Рнг/Sн²+ Uк\* Qнг/(100\*Sн)

ΔUтo=0,015=1,5%

Оценим необходимость использования трансформатора с РПН, возможно ли регулировать напряжение этим трансформатором в полученной зоне регулирования

Ето=+5%+ΔUтo-ΔUвх+ΔUвв+ΔUтi+ ΔUнв

ΔUвых=ΔUвх-ΔUто+Ето

Ето – относительное изменение напряжения на вторичной обмотке трансформатора за счет уменьшения коэффициента трансформации отпайки.

ΔUвх=7% при Sнгмах; ΔUвх=2% при Sнгмin

Ето=ΔUтo-ΔUвх+ΔUвых

 Ето max=12,1-7+1,5=6,6

1Б

Ето min=7,37-2+0,5=5,87

 Ето max=14,8-7+1,5=9,3

2Б

Ето min=8,3-2+0,5=6,8

 Ето max=6,16-7+1,5=0,66

1Д

Ето min=-1,28-2+0,5=-2,78

 Ето max=9-7+1,5=3,5

2Д

Ето min=-0,3-2+0,5=-1,8

Смысл графиков заключается в том, что если отключение напряжения на выходе питающего трансформатора будет, находится в пределах зоны, ограниченной прямыми, напряжение на нагрузке не выйдет за пределы допуска. В данном случае используется, как видно из графиков, трансформатор без РПН. Трансформатор с ПБВ следует установить на отпайку “0”.

**16.Выбор косинусных конденсаторов.**

Определим полную мощность аэропорта при максимуме и минимуме нагрузки.

Sнг.max=2249кВА

Sнг.min=2249/3=750кВА

Кабельные линии являются одновременно потребителями и генераторами реактивной мощности. Это необходимо учитывать при выборе конденсаторных батарей. Qпотр=3\*I²\*Xo\*l; Qген=U²\*bo\*l

Например, для кабеля на линии 9 (l=1,21 км; F=120 мм²; I=184 A)

Qпотр=3\*184²\*0,076\*1,21=9340 ВАР

Qген=6000²\*146\*0,000001\*1,21=6360 ВАР

Результаты аналогичных вычислений для остальных кабелей заносим в таблицу 7.

Таблица 7

**Вывод:** *при максимальной нагрузке сеть работает как потребитель, а при минимальной как генератор (наоборот).*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № лин. | Длинна l, км | Qпотр max, ВАР | Qпотр min, ВАР | Qген, ВАР |
| 9. | 1,21 | 9340 | 3113 | 6360 |
| 10. | 1,01 | 7461 | 5309 | 2487 |
| 11. | 0,75 | 4895 | 1632 | 3618 |
| 12. | 0,54 | 1456 | 485 | 2469 |
| 13. | 0,29 | 160 | 53 | 1015 |
| 14. | 0,56 | 1,25 | 0,42 | 2298 |

Находим прибавку реактивной мощности за счет кабельных линий

ΔQmax=∑Qген-∑Qпотр max=18247-23313=-5,06 кВАР

ΔQmin=∑Qген-∑Qпотр min=18247-10592=7,65 кВАР

Определяем реальные реактивные мощности:

Qнагр mах=1395,06; Qнагр min=465,02 квар

Определяем полные мощности:

Smax=2252 кВА

Smin=751 кВА

Находим реальные коэффициенты мощности:

cosφmax=∑ Pнагр mах/Smax=0,79

cosφmin=∑ Pнагр min/Smin=0,78

Требуемый энергосистемой коэффициент мощности cosφсист=0,95

Мощность конденсаторных батарей мы определяем по формуле:

Qkmax=∑ Pmах\*(tgφд- tgφmp)

φmp – требуемый угол, т.е. соответствующий 0,95

tgφmp=0.33

tgφд – действительный угол, т. е. соответствующий:

max tgφд=0,78; min tgφд=0,8

Qkmax=796 квар; Qkmшт=277 квар

Чтобы скомпенсировать эту мощность надо поставить батареи, где они будут наиболее эффективны. Это будут места где протекают большие реактивные мощности на высоковольтной стороне

cosφ после установки КБ: cosφ=0.947

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Место установки | Марка КБ | Кол-во | Емкость |
| ТП16 | КС1-6-50-У3 | 1 | 50 |
| ТП7 | КС1-6-50-У3КС2-6-100-У3 | 13 | 50300 |
| ТП8 | КС2-6-100-У3КС2-6-75-У1 | 21 | 20075 |
| ТП9 | КС2-6-100-У3 | 1 | 100 |

**17. Эксплуатация кабельных линий.**

1. После прокладки кабеля представители организаций электромонтажной, строительной и заказчика, осмотрев трассу, составляют акт на скрытые работы и дают разрешение на засыпку траншеи, засыпку производят после всех муфт и испытания кабеля повышенным напряжением.

2. Все кабельные изоляции по инструкции должны изготовляться из несгораемых материалов.

3. Вводы кабелей из траншей в здание при отсутствии вентилируемого подполья должны выполняться выше нулевой отметки. При открытой площадке кабели необходимо защищать от прямых солнечных лучей.

4. Кабели со сплошными порывами, задирами и трещинами шлангов необходимо отремонтировать или заменить.

5. Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. В кабельных сооружениях бирки маркировки устанавливают не реже, чем через 5 лет.

6. После монтажа кабелей до 1 кВ проверяют целостность и фазировку кабеля, сопротивление изоляции и сопротивление заземления концевых зацепок. Сопротивление изоляции измеряется мегомметрами на напряжении 2,5 кВ, которое должно быть не менее 0,5 МОм, после одноминутного испытания и производится один раз в 5 лет, а кабель с резиновой изоляцией проверяется ежегодно.

7. Необходимо 2 раза в год контролировать нагрузку кабеля (1 раз обязательно в период ее максимальной нагрузки).

8. Осмотр кабельных трасс производится не реже одного раза в 3 месяца, концевых муфт и кабельных колодцев 2 раза в год. Внеочередные обходы производятся в период паводков и стихийных бедствий.

9. Необходимо следить за состоянием пикетов, предупреждать раскопки вблизи трасс, появление дорог, свалок мусора над трассами.

10. Один раз в 3 года кабели должны испытываться повышенным напряжением выпрямленного тока. Испытания проводят для каждой фазы отдельно, путем плавного подъема напряжения, начиная от 0,3, со скоростью, не превышающей 1% в секунду. При достижении требуемого значения напряжения стабилизируется в течение 10 минут и контролируется ток утечки, который должен постоянно уменьшаться или оставаться постоянным. В случае его нарастания испытания продолжаются до пробоя изоляции или стабилизации тока утечки. После плавного отключения кабель должен быть разряжен через небольшое сопротивление.

11. Земляные работы вблизи трасс должны выполняться в присутствии представителя эксплуатирующей организации. Не допускаются раскопки машинами вблизи одного метра, а ударных механизмов на расстоянии менее 5 метров от кабеля.

12. Открытые муфты и откопанные кабели должны подвешиваться к перекинутым через траншею брусам, причем муфты должны закрываться коробками.

13. Перед вскрытием кабеля необходимо удостоверится, что он отключен (прокол кабеля заземленной стальной иглой).

14. Перекладывать кабели и переносить муфты можно только после отключения кабельной линии. Работы производятся в диэлектрических перчатках, поверх которых надевают брезентовые рукавицы с группой по электробезопасности не ниже V, а для кабеля до 1 кВ не ниже IV.

**Список литературы:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Автор | Название | Изд-во | Год |
| 1. | Величко Ю. К. | Системы электроснабжения АП и методические указания по к/п для студентов заочников | Киев. КИИГА | 1989 |
| 2. | Величко Ю. К. | Электроснабжение АП. Методические указания к к/п для студентов специальности 0621 | Киев. КИИГА | 1984 |
| 3. | Величко Ю. К. | Электроснабжение АП и руководство для к/п. | Киев. КИИГА | 1978 |
| 4. | Величко Ю. К.Козлов В. Д. | Электроснабжение АП и руководство к л/р. | Киев. КИИГА | 1976 |