

КОНСТРУКЦИЯ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ
И МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЮ**

**Санкт-Петербург
2016**

Выбор сечений проводов воздушных линий

При проектировании ВЛ напряжением до 500 кВ включительно выбор сечения провода проводится по нормированной экономической плотности тока j_n , указанной в табл. 4.1 [4].

Сечение провода F проектируемой ВЛ составляет

$$F = I_p / j_n, \quad (4.1)$$

где I_p – расчетный ток линии.

Выбранные сечения проводов ВЛ должны удовлетворять ряду технических требований (проверок).

Таблица 4.1

Проводники	Плотность тока j_n , А/мм ² , при T_{\max} , ч/год		
	1000...3000	3000...5000	более 5000
Неизолированные провода и шины: медные алюминиевые	2,0	1,7	1,4
	1,0	0,9	0,8
Кабели с бумажной пропитанной изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	2,4	2,0	1,6
	1,3	1,1	1,0
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	2,8	2,5	2,2
	1,5	1,4	1,3

Проверка по механической прочности. С целью обеспечения надежной работы проводов ВЛ в условиях внешних механических воздействий устанавливаются минимальные допустимые сечения проводов $F_{\min \text{ мех}}$ по механической прочности [4]. Сечение провода, выбранное по (4.1), должно быть проверено по условию

$$F \geq F_{\min \text{ мех}}. \quad (4.2)$$

Проверка по условиям короны. Минимальные сечения проводов $F_{\min \text{ кор}}$ по условию ограничения потерь на корону установлены [4]. Проверка сечений проводов по условиям короны выполняется для ВЛ напряжением 110 кВ и выше. Сечение провода, выбранное по (4.1), должно быть проверено по условию

$$F \geq F_{\min \text{ кор}} \quad (4.3)$$

Проверка по допустимому нагреву. В соответствии с [4] все проводники должны удовлетворять требованиям допустимого нагрева током длительного режима. Допустимые длительные токи приводятся в [4]. Сечение провода ВЛ, выбранное по (4.1), должно быть проверено по условию

$$I_{\max} \leq I_{\text{д}}, \quad (4.4)$$

где I_{\max} – максимальный ток длительного режима.

Проверка по допустимой потере напряжения. Для распределительных сетей напряжением до 20 кВ рассчитывается потеря напряжения ΔU_{\max} от центра питания до наиболее электрически удаленного потребителя. Выбранные по (4.1) сечения линий распределительной сети должны проверяться по условию

$$\Delta U_{\max} \leq \Delta U_{\text{д}}, \quad (4.5)$$

где $\Delta U_{\text{д}} = 6\%$, допустимая потеря напряжения [5].

Выбор сечений жил кабельных линий

Выбор сечений жил кабелей выполняется по нормированной экономической плотности тока (табл. 4.1). Сечение F жилы кабеля рассчитывается по выражению (4.1) и округляется до стандартного ближайшего сечения.

Выбранные сечения должны удовлетворять ряду технических требований.

Проверка по допустимому нагреву. Длительные допустимые токи $I_{\text{д}}$ для разных марок кабелей при различных условиях прокладки принимаются по справочным материалам, например [4, 5].

Допустимые длительные токи в справочных материалах приводятся для одиночного кабеля, проложенного открыто при температуре воздуха $+25^{\circ}\text{C}$ или в земле при температуре земли $+15^{\circ}\text{C}$ и тепловом сопротивлении земли $1,2 \text{ м}\cdot\text{К}/\text{Вт}$. При других условиях работы КЛ на величину допустимого тока вводятся поправочные коэффициенты.

Нормативные документы допускают перегрузку кабелей по отношению к допустимому длительному току. В частности, для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ допустимый коэффициент перегрузки $k_{\text{п}} = 1,3$. Перегрузка кабелей с такой же изоляцией, но напряжением 20 кВ и выше, не допускается.

Сечение жилы кабеля, выбранное по (4.1), должно быть проверено по условию

$$I_{\max} \leq k_{\text{п}} I_{\text{д}}, \quad (4.6)$$

где I_{\max} – максимальный ток длительного режима.

Проверка по допустимой потере напряжения. КЛ 6-10 кВ, идущие непосредственно к электроприемникам этого напряжения, проверяются на допустимые отклонения напряжения в соответствии с ГОСТ 13109-97.

Проверка по термической стойкости. При протекании по сети аварийных токов КЗ происходит интенсивное нагревание токоведущих элементов кабеля. В [4] установлены предельные допустимые температуры кабелей. Расчет температуры жилы кабеля при протекании тока КЗ достаточно сложен. Поэтому в практических расчетах сечение кабеля проверяется по условию

$$F \geq F_{\min \text{ тс}}, \quad (4.7)$$

где $F_{\min \text{ тс}}$ – минимальное термически стойкое сечение кабеля, определяемое величиной тока КЗ и временем его отключения.

ЗАДАНИЕ

Выбор и проверка сечений проводников

1. *Цель работы* – приобретение практических навыков по выбору и проверке сечений проводов воздушных линий электропередачи.

2. *Основные теоретические положения*

При проектировании воздушных линий выбор сечения провода проводится по экономической плотности тока j_n (табл. 3.5.6).

Таблица 3.5.6

Значения экономической плотности тока

Проводники	Плотность тока j_n , А/мм ² , при T_{\max} , ч/год		
	1000...3000	3000...5000	более 5000
Неизолированные алюминиевые провода	1,3	1,1	1,0

Сечение провода F проектируемой линии составляет

$$F = I_p / j_n, \quad (3.5.23)$$

где I_p – расчетный ток линии.

Величина расчетного тока

$$I_p = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}}. \quad (3.5.24)$$

где P и Q – мощности, протекающие по линиям (определяются расчетом предварительного потокораспределения в сети).

Полученное по выражению (3.5.23) сечение округляется до ближайшего стандартного сечения. Шкала стандартных сечений проводов ВЛ составляет следующий ряд:

... 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 330, 400, 500, ... мм².

Выбранные сечения проводов должны удовлетворять ряду технических требований, при которых обеспечивается нормальная эксплуатация линии. Окончательный выбор сечения можно сделать только после проверки выполнения этих технических требований.

Проверка по механической прочности. Для обеспечения надежной работы проводов ВЛ в условиях внешних механических воздействий (гололеда) [4] устанавливают минимальные допустимые сечения проводов $F_{\min \text{ мех}}$ по механической прочности (табл. 3.5.7).

Сечение провода, выбранное по (3.5.23), должно быть проверено по условию

$$F \geq F_{\min \text{ мех}}. \quad (3.5.25)$$

Таблица 3.5.7

Минимально допустимые сечения проводов по механической прочности

Район по гололеду	Провода воздушной линии		
	алюминиевые	сталеалюминиевые	стальные
До II	70	35	35
III-IV	95	50	35
V и более	-	70	35

Примечание. Для двухцепных линий минимально допустимое сечение проводов составляет 120 мм².

Проверка по условиям короны. Явление общей короны возникает при высокой напряженности электрического поля на поверхности провода и сопровождается характерным потрескиванием и видимым свечением. Уменьшение напряженности на поверхности провода достигается увеличением радиуса (сечения) провода.

Минимальные сечения проводов $F_{\min \text{ кор}}$ по условию ограничения потерь на корону приведены в [4] и составляют:

$$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}, F_{\min \text{ кор}} = 70 \text{ мм}^2;$$

$$U_{\text{ном}} = 150 \text{ кВ}, F_{\min \text{ кор}} = 120 \text{ мм}^2;$$

$$U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ}, F_{\min \text{ кор}} = 240 \text{ мм}^2.$$

Сечение провода, выбранное по (3.5.23), должно быть проверено по условию

$$F \geq F_{\min \text{ кор}}. \quad (3.5.26)$$

Проверка по допустимому нагреву. Все проводники должны удовлетворять требованиям допустимого нагрева в длительных режимах работы. Под этими режимами понимаются, как правило, наиболее тяжелые послеаварийные и ремонтные режимы работы электрической сети.

В справочных материалах приводятся значения допустимого длительного тока $I_{\text{д}}$, вызывающего нагревание проводника до допустимой температуры при температуре

воздуха 25 °С [4]. Сечение провода, выбранное по (23), должно быть проверено по условию

$$I_{\max} \leq I_{\text{д}}, \quad (3.5.27)$$

где I_{\max} – максимальный ток длительного режима.

Для кольцевой сети в качестве наиболее тяжелого послеаварийного (ремонтного) режима принимается отключение одного из головных участков.

3. Задания для выполнения работы

Для схемы, приведенной на рис. 3.5.10 выбрать сечения проводов воздушных линий. Исходные данные принять по табл. 3.5.8.

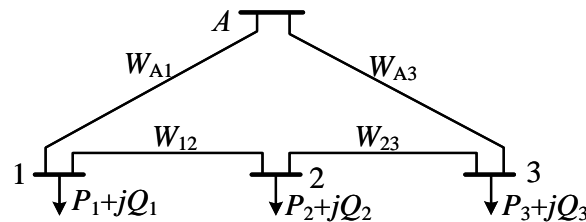


Рис. 3.5.10. Схема электрической сети

Таблица 3.5.8

Исходные данные

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{НОМ}}$, кВ	110	110	150	220	110	110	150	220	110	220
P_1 , МВт	10	10	15	25	15	20	30	45	30	25
P_2 , МВт	25	20	10	30	15	10	15	25	10	45
P_3 , МВт	10	15	20	40	10	10	20	30	15	25
Q_1 , Мвар	5	10	10	10	10	10	15	20	15	15
Q_2 , Мвар	15	10	10	15	10	5	5	20	5	20
Q_3 , Мвар	5	10	15	20	10	5	10	15	5	15
T_{\max} , ч/год	2500	3500	4000	4500	5000	4500	4000	3500	4500	5000
Район по гололеду	I	II	III	IV	V	V	IV	III	II	I

4. Содержание отчета

- название и цель работы;
- исходные данные;
- расчет токовых нагрузок линий сети;
- выбор сечений проводов;

- проверка выбранных сечений.