

Пән: Заманауи электр энергетикасы

№ 10-дәріс

Тақырыбы: Электр энергиясын берудің заманауи техникалық құралдары

Лектор: Сарсенбаев Е.А.

«Энергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры

E-mail: y.sarsenbayev@satbayev.university

ДӘРІС ЖОСПАРЫ

1. ЭЭ-сын берудің жалпы сипаттамасы;
2. ЭБЖ-нің классификациясы;
3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары;
4. Кабель желілернің (КЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары;
5. ӘЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері;
6. КЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері;
7. Бақылау сұрақтары.

1. ЭЭ-сын берудің жалпы сипаттамасы

1991 жылы бүкіл әлем бойынша инженерлер мен энергетиктер электр энергиясын алыс қашықтыққа жеткізу дәуірінің басталуының жүз жылдығын атап өтті. Ол Германияда Лауфен су электр стансасынан Франкфурт-на-Майне қаласына дейін ұзындығы 170 км болатын 28,3 кВ үш фазалы айнымалы тоқтың әуе желісін (ОЖ) құрумен басталды, ол сол кездегі нағыз көрнекті болды. жетістік.

Бір қызығы, сол жылы 3,2 МВт қуатын беруге есептелген, ұзындығы 12 км, 10 кВ бірінші қуатты бір фазалы кабельдік желі (КЛ) 10/2,4 кВ төмендететін қосалқы станциясы бар, одан таратушы желіге қуат берілді, Лондонда салынды. Бұл желіні қалалар мен өнеркәсіптік аймақтардағы заманауи терең электрмен жабдықтау желілерінің прототипі ретінде қарастыруға болады.

Осылайша, бір мезгілде дерлік қашықтыққа үлкен көлемдегі электр энергиясын (ЭЭ) беру технологиясын дамытудың екі бағыты пайда болды және содан кейін 115 жылдан астам уақыт бойы дамуын жалғастырды:

- ашық сызықтар (жоғары);
- жабық типті желілер (кабель).

Ең жалпы мағынада электр беру желісі (PTL) «электр станциясының немесе қосалқы станцияның шекарасынан шығып жатқан және электр энергиясын қашықтыққа жеткізуге арналған электр желісі» ретінде анықталады. Бұл анықтама стандарттарда көрсетілген, мұнда электр желісі «мүмкін аралық таңдаумен электр энергиясын энергия жүйесінің екі нүктесі арасында беруге арналған сымдардан, кабельдерден, оқшаулағыш элементтерден және тірек құрылымдардан тұратын электр қондырғысы» ретінде сипатталады.

Соңғы анықтама электр желілерін жіктеу сипаттамаларының біреуін ғана көрсетеді, атап айтқанда олардың дизайны. Дегенмен, бұл олардың барлық сорттарын сипаттау үшін жеткіліксіз. Қазіргі классификация төменде келтірілген бірқатар сипаттамаларға негізделген.

Электр желілеріне қойылатын талаптар:

- ЭЭ беру сенімділігі;
- ЭЭ сапасын қамтамасыз ету;
- құрылымның экономикалық тиімділігі;
- экономикалық жұмыс;
- қауіпсіздік;
- одан әрі дамыту мүмкіндігі.

2. ЭБЖ-нің классификациясы

Род тока

Постоянного тока

Трехфазного переменного тока

Многофазного переменного тока

Номинальное напряжение

До 1 кВ

Выше 1 кВ

Среднего напряжения

Высокого напряжения

Сверхвысокого напряжения

Ультравысокого напряжения

Конструктивное исполнение

Воздушная

Кабельная

Число цепей

Одноцепная

Двухцепная

Многоцепная

Топологические характеристики

Радиальная

Магистральная

Ответвление

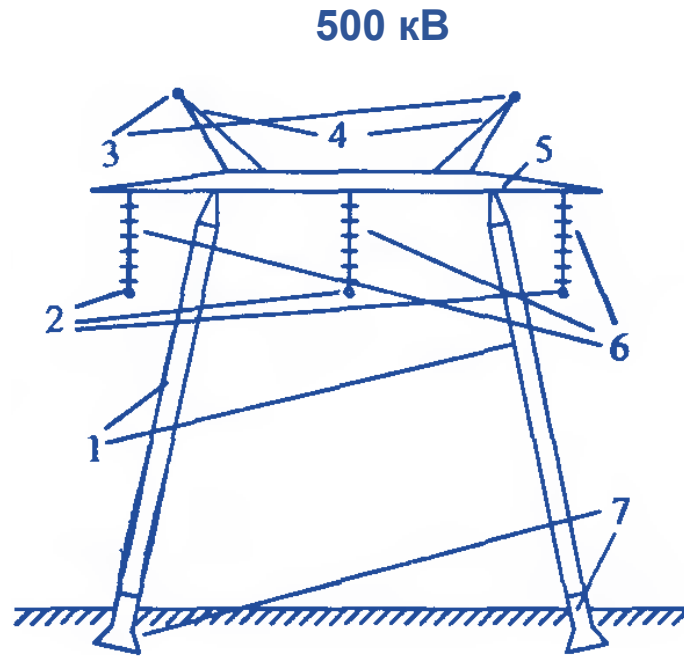
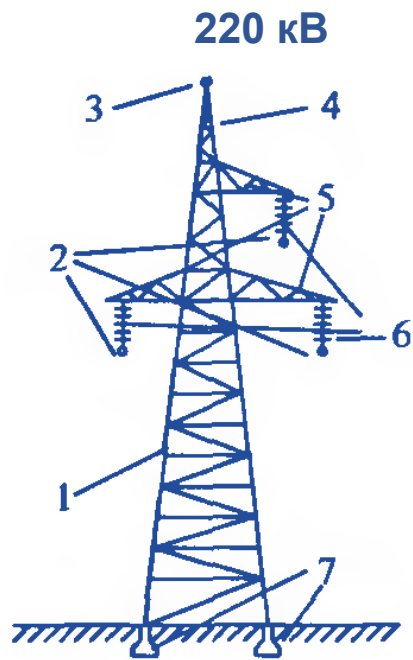
Функциональное назначение

Распределительная

Питающая

Системаобразующая

3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары



- 1 – стойка опоры;
- 2 – провода;
- 3 – грозозащитный трос;
- 4 – тросостойка;
- 5 – траверсы;
- 6 – изоляторы;
- 7 – фундамент.

h_r – габаритное расстояние, (не менее 6 м);

f_n – стрела провеса провода;

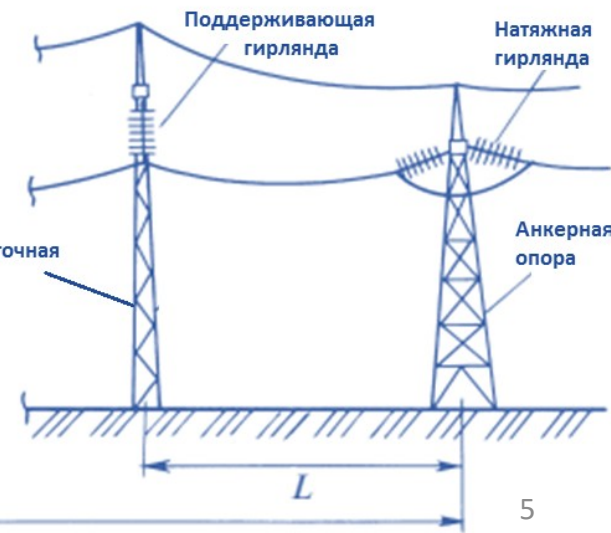
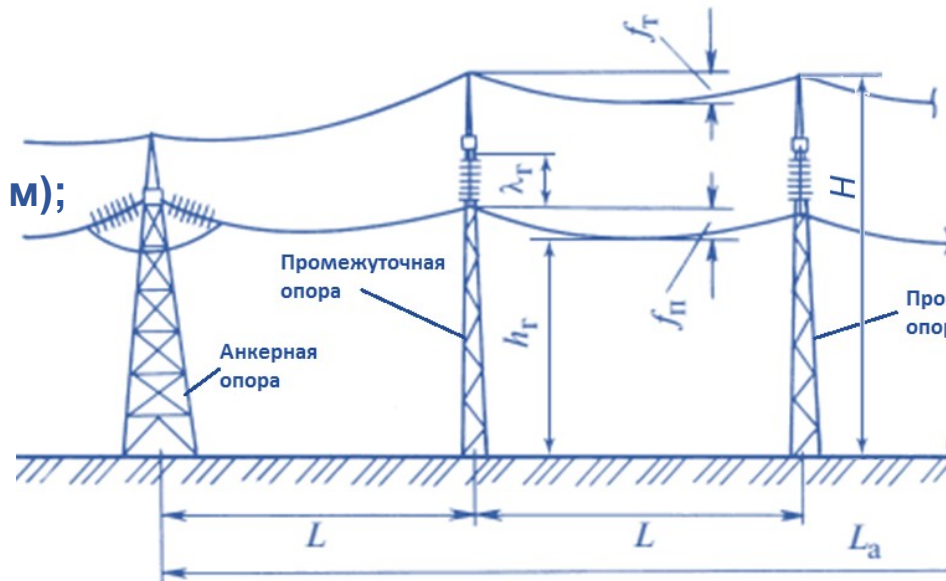
f_r – стрела провеса провода;

λ_r – длина гирлянды изоляторов;

H – высота опоры;

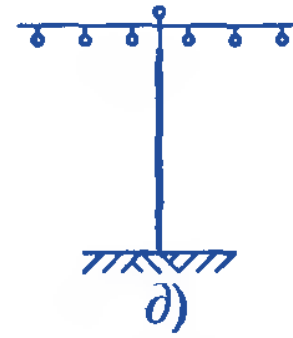
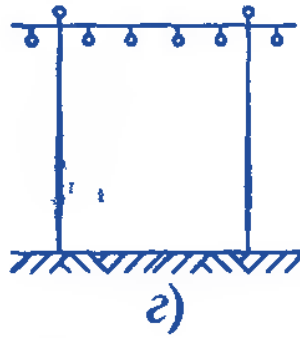
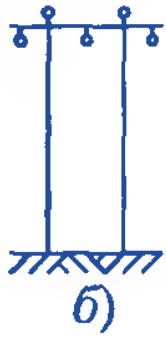
l – длина промежуточного пролета;

l_a – длина анкерного пролета.



3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

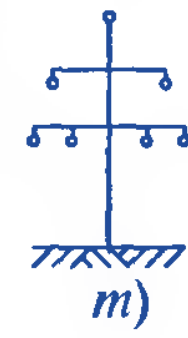
Схемы расположения проводов



Горизонтальное
расположение
проводов



Вертикальное
расположение
проводов



Смешанное
расположение
проводов

3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

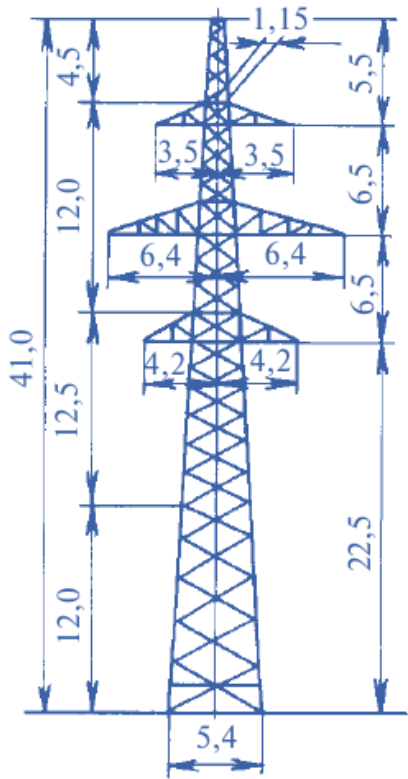
Типы опор

Классификация опор воздушных линий

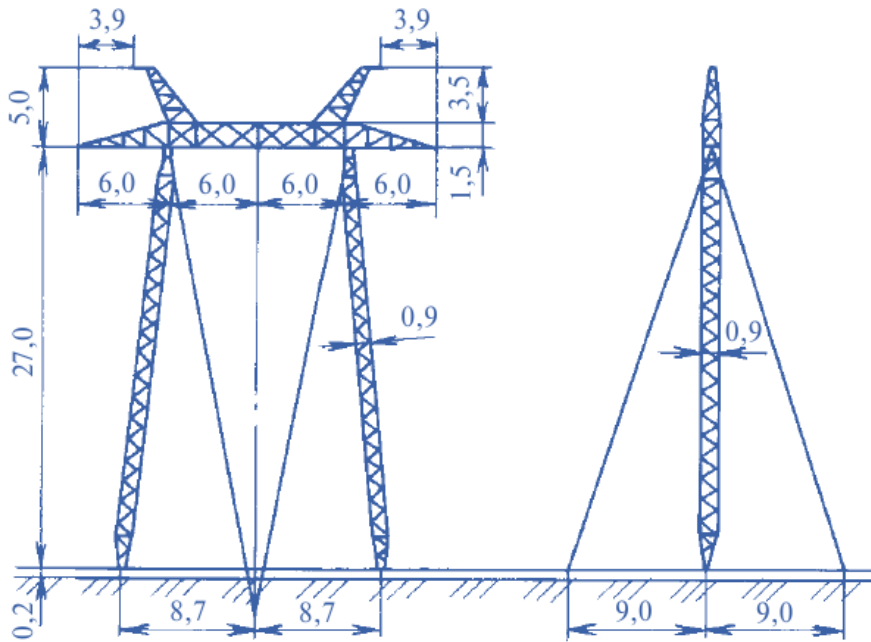
Признак	Тип опоры	Примечание
Количество трехфазных цепей	Одноцепная	Всех напряжений
	Двухцепная	35—330 кВ
	Многоцепная	—
Способ крепления проводов	Промежуточная	Зажимы поддерживающие
	Анкерная	Зажимы натяжные
Положение на трассе	Угловая	В точках поворота трассы
Конструктивное выполнение	Свободностоящая	—
	На оттяжках	—
Материал	Деревянная	До 220 кВ включительно
	Железобетонная	До 500 кВ включительно
	Металлическая	Всех напряжений
Специальное назначение	Транспозиционная	По концам участков цикла
	Ответвительная	Ответвления от магистрали
	Переходная	Переходы через реки и т.п.

3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

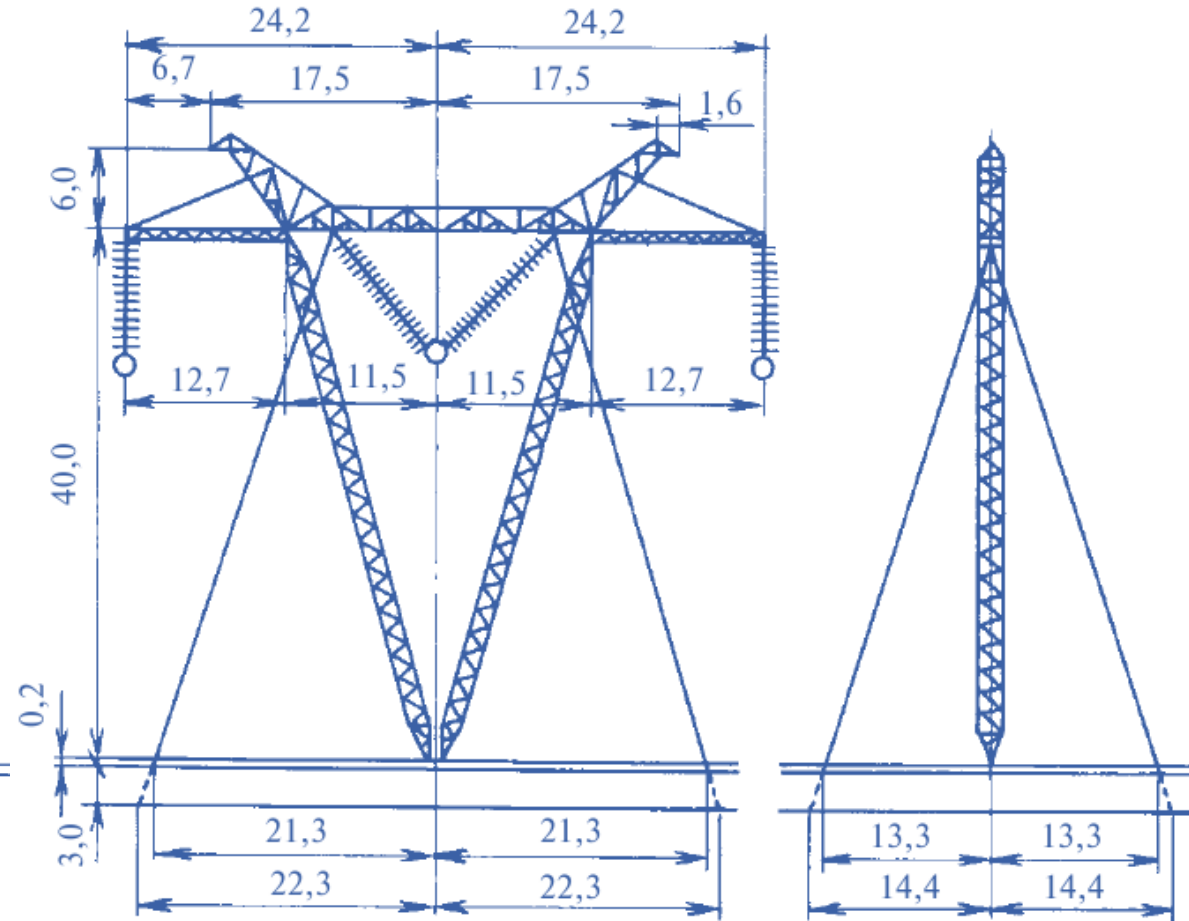
Типы промежуточных металлических опор



Двухцепная
свободностоящая
башенная 220 кВ



Одноцепная порталная 500 кВ
на оттяжках



Одноцепная V-образная 1150 кВ
на оттяжках

3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

Провода и грозозащитные тросы ВЛ

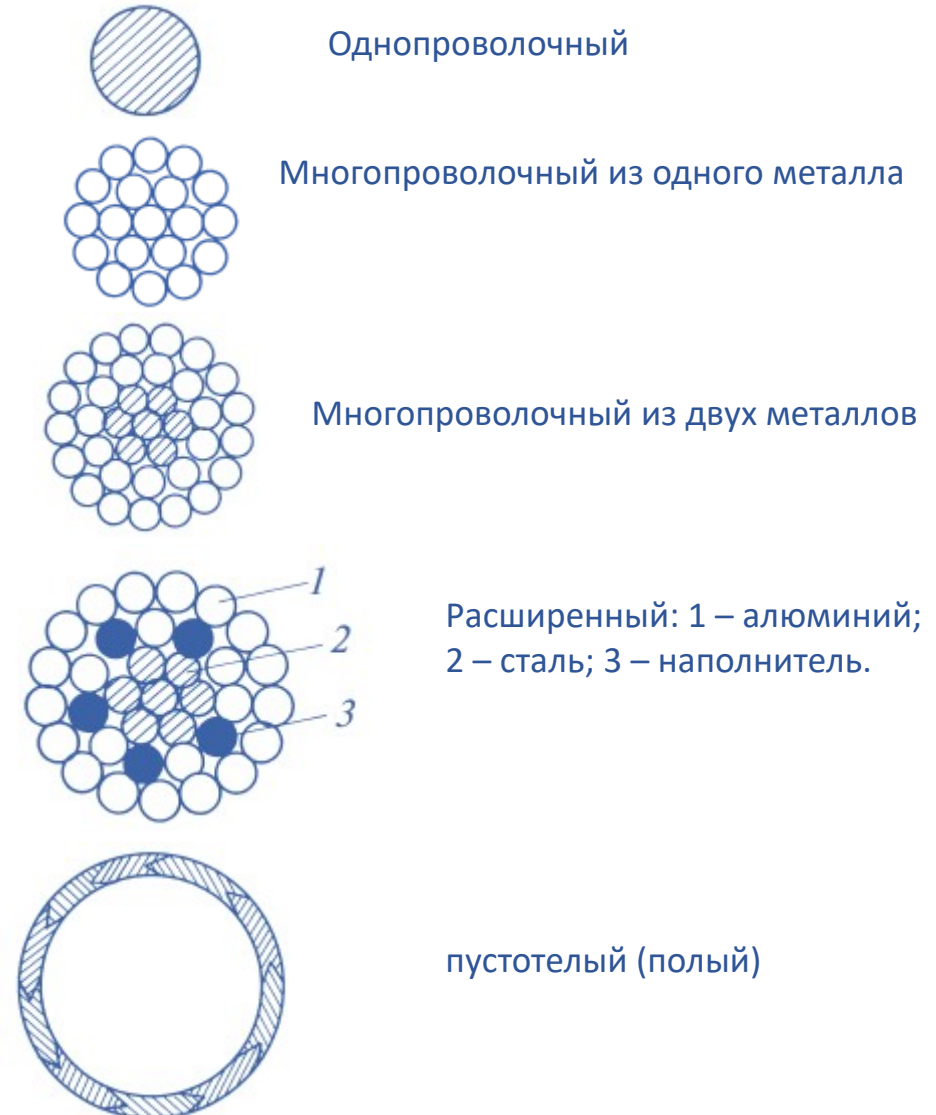
Свойства материалов, используемых для изготовления проводов ВЛ

Материал	ρ , Ом $\cdot$ мм ² /км	γ , кг/м ³	$\sigma_{\text{разр}}$, Н/мм ²
Медь	17,8—18,5	8700	390
Алюминий	30,0—32,5	2750	160
Сплав АВ-Е	30,0—32,5	2790	300
Сталь	—	7850	1200
Стеклопластик	—	2000	1200

Варианты исполнения сталеалюминевых проводов

Исполнение	$F_{\text{ал}}/F_{\text{ст}}$	Номенклатура
Специальное облегченное	12,2—18,1	330/27; 400/22; 500/27; 1000/56
Облегченное	7,71—8,04	150/19—800/105 (15 марок)
Нормальное	6,00—6,25	35/6,2—400/64 (10 марок)
Усиленное	4,29—4,39	120/27—400/93 (6 марок)
Специальное усиленное	0,65—1,46	70/72; 95/41; 185/128; 300/204; 500/336

Конструкции неизолированных проводов



3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

Климатические условия

Нормативные скоростные напоры, даН/м²,
и приближенные скорости ветра, м/с,
для высоты до 15 м над поверхностью
земли

Ветровой район	Повторяемость					
	1 раз в 5 лет		1 раз в 10 лет		1 раз в 15 лет	
	q	v	q	v	q	v
I	27	21	40	25	55	30
II	35	24	40	25	55	30
III	45	27	50	29	55	30
IV	55	30	65	32	80	36
V	70	33	80	36	80	36
VI	85	37	100	40	100	40
VII	100	40	125	45	125	45

Коэффициенты увеличения скоростных напоров и скоростей ветра по высоте

Зона по высоте, м	Скоростной напор ветра	Скорость ветра
До 15	1,0	1,0
20	1,25	1,12
40	1,55	1,24
60	1,75	1,32
100	2,1	1,45
200	2,6	1,61
350	3,1	1,76
и выше		

Нормативная толщина стенки гололеда, мм,
для высоты 10 м над поверхностью земли

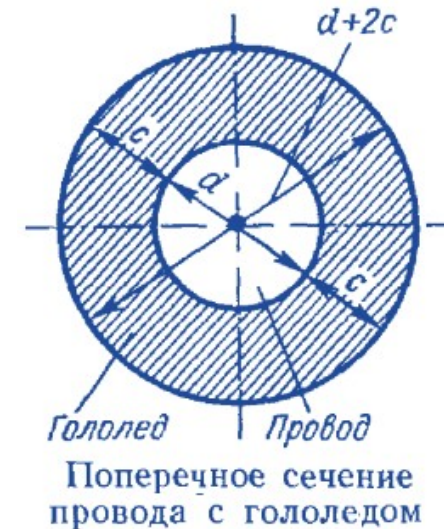
Район гололедности	Повторяемость	
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет
I	5	5
II	5	10
III	10	15
IV	15	20
Особый	20 и более	Более 22

Единица нагрузка от гололеда

$$F_r = \frac{\pi (d + 2c)^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \pi c (d + c)$$

Единица нагрузка от ветра

$$P = C_x \frac{1}{2} \rho v^2 F \sin^2 \varphi$$



3. Әуе желілернің (ӘЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

Климатические условия

Температура. При работе проводов в пролете имеют значение следующие температуры, учитываемые в расчетах:

а) высшая температура $t_{\text{макс}}$, при которой провод растягивается больше всего и стрелы провеса достигают наибольших значений;

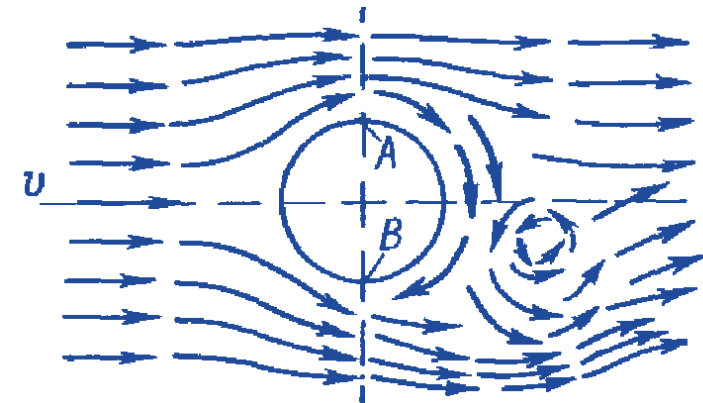
б) низшая температура $t_{\text{мин}}$, при которой длина провода сокращается в наибольшей степени и температурные напряжения в нем достигают наибольших значений;

в) среднегодовая, соответствующая средним условиям эксплуатации температура $t_{\text{ср}}$, при которой определяется надежность работы провода при вибрациях;

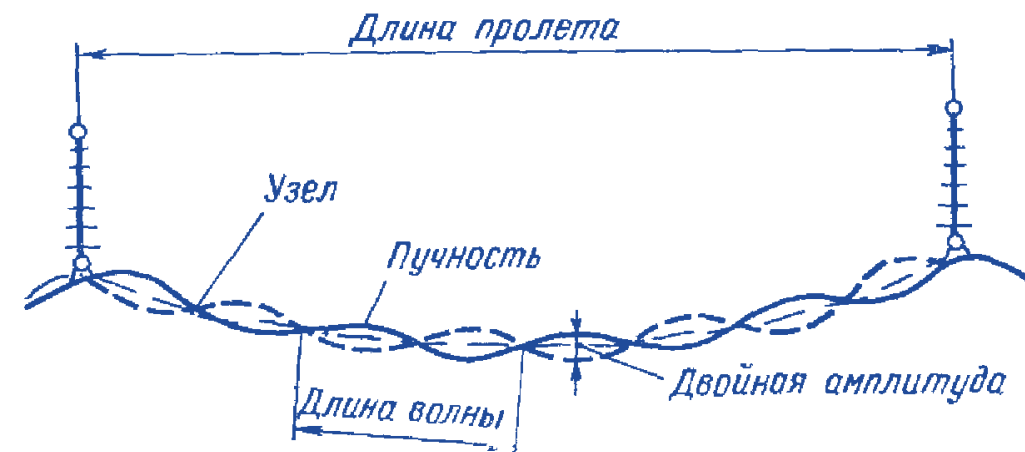
г) температуры при наибольшей скорости ветра $t_{\text{ветр}}$ и при гололеде $t_{\text{г}}$; как правило, $t_{\text{ветр}}$ и $t_{\text{г}}$ принимаются равными -5°C ;

д) температура $+15^{\circ}\text{C}$, при которой определяются расстояния от проводов до тросов и до тела опоры по условиям грозовых перенапряжений.

Вибрация и пляска проводов



Образования вихря за проводом



Волны вибрации на проводе в пролете

3. Кабель желілернің (КЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

Общие характеристики кабелей

Электр қондырғысы ретінде кабельдік желі (CL) келесі элементтерден тұрады: қуат кабелінің (немесе кабельдердің) өзі, кабель бөліктерін қосуға және бөлуге және кабельдің ұштарын жабдыққа және тарату құрылғыларының шиналарына қосуға арналған жабдық (кабельдік фитингтер), сондай-ақ мұнай немесе газ беретін жабдық (мұнай және газ толтырылған кабельдер үшін). Кабельдерді тек топырақ траншеяларда ғана емес, сонымен қатар әртүрлі кабельдік құрылымдарда - коллекторларда, тоннельдерде, каналдарда, блоктарда, шахталарда, кабельдік едендерде және қос қабаттарда, эстакадалардың бойында және галереяларда төсеуге болады. Кабельдік фитингтер кейде кабельдік ұңғымаларда немесе камераларда макияз жабдықтарымен бірге орналастырылуы мүмкін. Арнайы ғимараттарда май толтырылған жоғары қысымды кабельдік желілерге арналған автоматты қоректендіру қондырғылары орналасқан.

Кабельдік желілердің жіктелуі негізінен оның негізгі элементтерінің жіктелуіне сәйкес келеді, яғни. Кабельдер бұл классификацияның негізгі белгілері:

ток түрі (айнымалы және тұрақты ток кабельдері);

номиналды кернеудің мәні U_{nom} (төмен - 1 кВ дейін, орташа - 1-35 кВ, жоғары - 110 кВ және одан жоғары);

ток өткізетін элементтердің саны (бір, екі, үш және төрт сымды);

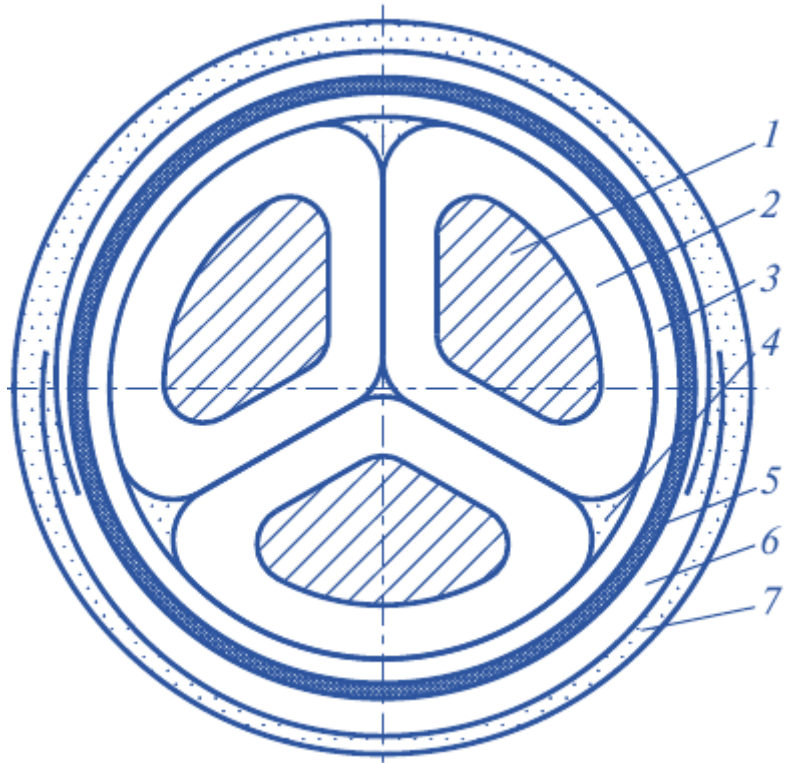
ток өткізгіш элементтердің материалы (мыс, алюминий, натрий);

электр оқшаулағыш материал (сіңдірілген қағаз, пластик және резеңке);

сіңдіру сипаты және қағазды оқшаулаудың электрлік беріктігін арттыру әдісі (май толтырылған, газ толтырылған; қабық материалы (қорғасын, алюминий).

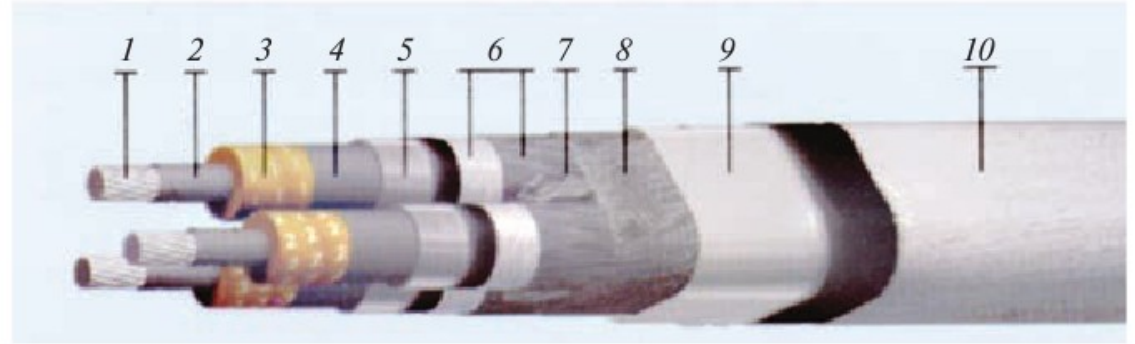
3. Кабель желілернің (КЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

Кабели с пропитанной бумажной изоляцией



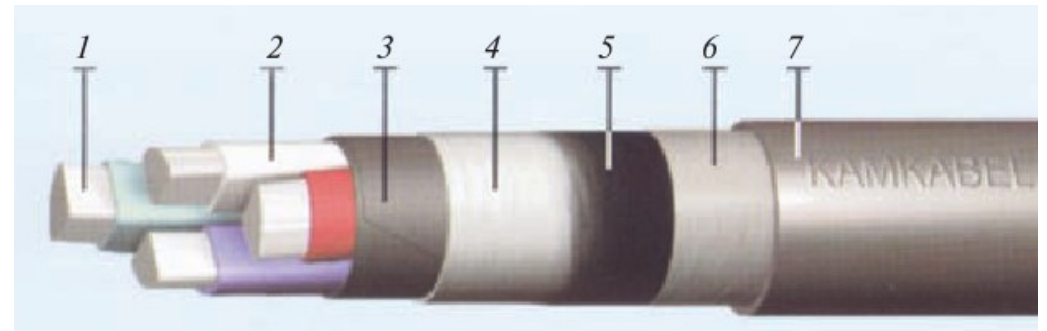
Трехжильный кабель с поясной изоляцией и секторными уплотненными жилами:

- 1 – токопроводящая жила; 2 – фазная изоляция;
3 – поясная изоляция; 4 – заполнение;
5 – свинцовая оболочка; 6 – подушка под броней; 7 – броня



Кабель марки АОСБ-35: 1 – токопроводящая жила; 2 – экран; 3 – фазная изоляция; 4 – экран; 5 – свинцовые оболочки; 6 – защитный слой; 7 – заполнение; 8 – подушка; 9 – броня; 10 – наружный покров

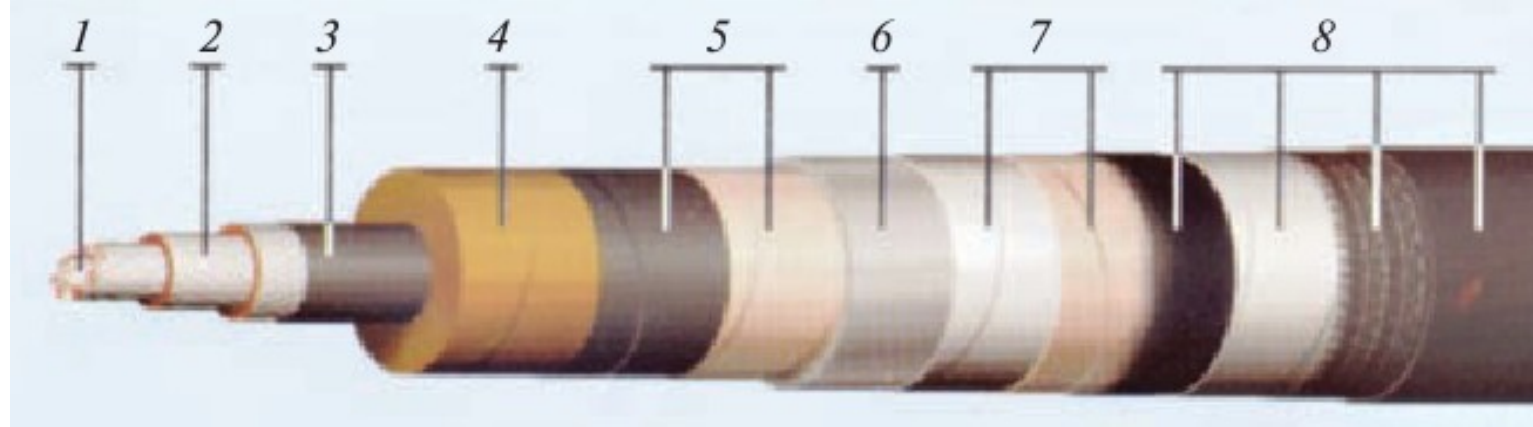
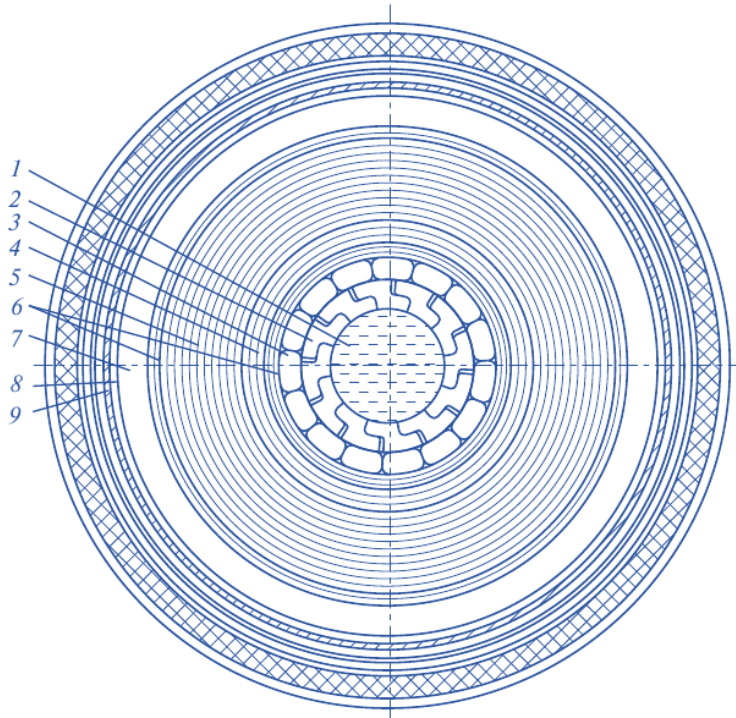
Кабели с пластмассовой изоляцией



Кабель марки АВБбШв 380 В: 1 – токопроводящая жила; 2 – изоляция;
3 – поясная изоляция; 4 – броня; 5 – битум; 6 – лента ПЭТ; 7 – шланг

3. Кабель желілернің (КЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

Маслонаполненные кабели низкого давления



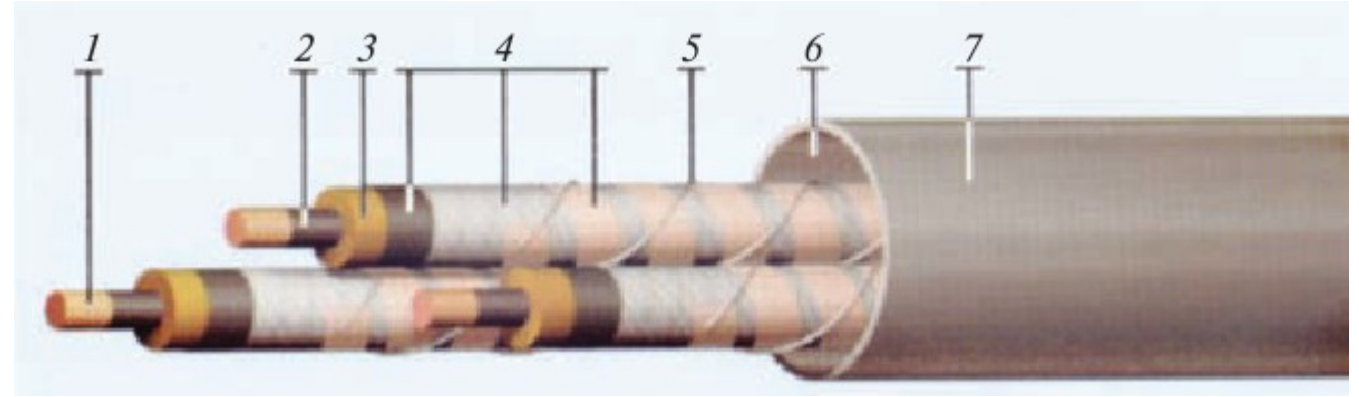
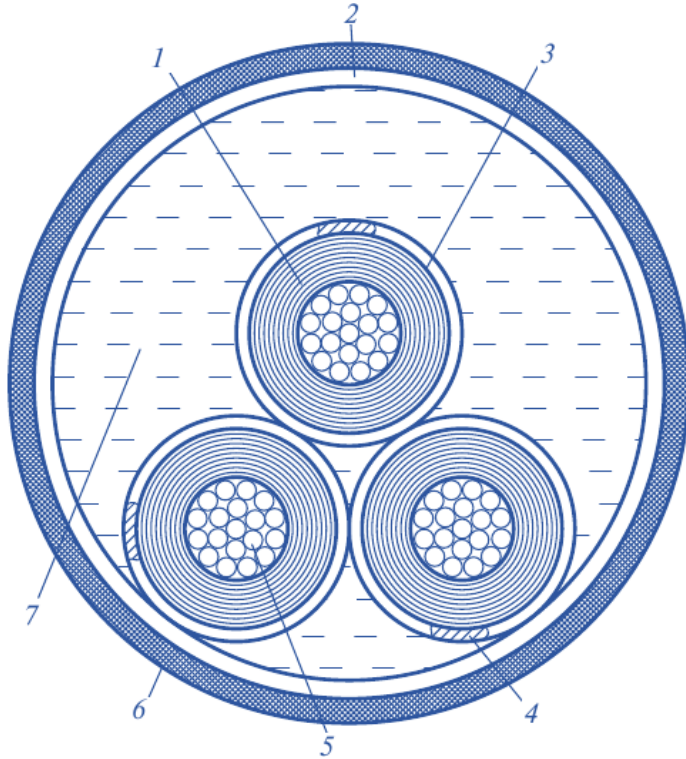
Кабель низкого давления в свинцовой оболочке МНСШву-110:
1 – маслопроводящий канал; 2 – токопроводящая жила; 3 – экран из полупроводящей бумаги; 4 – изоляция из бумаги; 5 – экран из полупроводящей бумаги и медной ленты; 6 – свинцовая оболочка; 7 – упрочняющий покров; 8 – наружный покров

Конструкция маслонаполненного кабеля низкого давления на напряжение 110 кВ:

1 – канал для масла; 2 – Z-образные проволоки токопроводящей жилы; 3 – сегментные проволоки жилы; 4 – слой изоляции из уплотненной бумаги; 5 – слой изоляции из неуплотненной бумаги; 6 – экран из электропроводящей бумаги; 7 – свинцовая оболочка; 8 – упрочняющие ленты; 9 – защитные покровы

3. Кабель желілернің (КЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

Маслонаполненные кабели высокого давления



Кабельная линия высокого давления МВДТ-220:

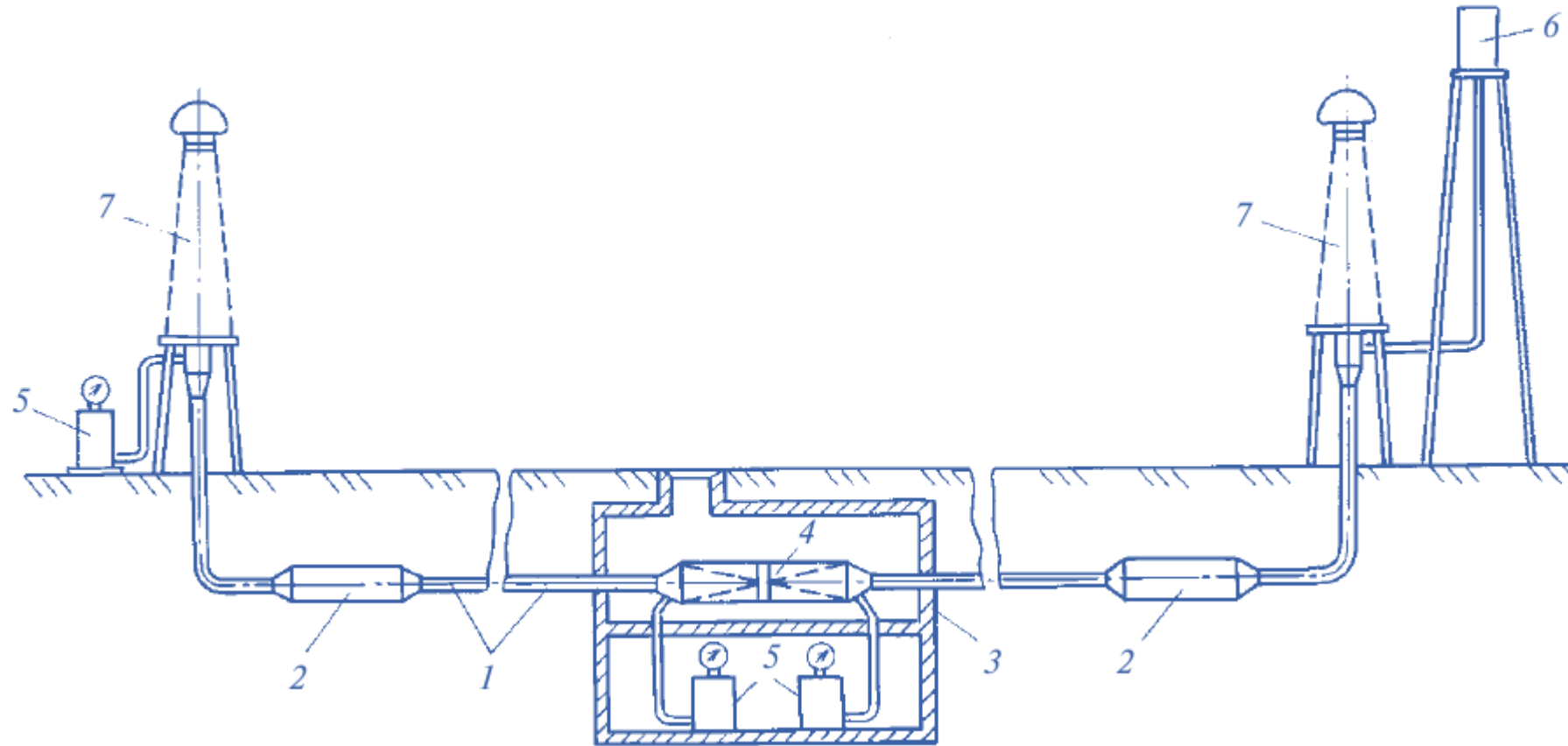
1 – токопроводящая жила; 2 – экран из полупроводящей бумаги; 3 – изоляция из бумаги; 4 – экран из полупроводящей бумаги, металлизированной бумаги и медной перфорированной ленты; 5 – проволоки скольжения; 6 – масло под давлением; 7 – стальной трубопровод

Конструкция маслонаполненного кабеля высокого давления в стальной трубе:

- 1 – бумажная изоляция, пропитанная маслом;
- 2 – стальная труба; 3 – экран из медной ленты; 4 – медная проволока скольжения;
- 5 – токопроводящая жила;
- 6 – антикоррозионное покрытие; 7 – масло

3. Кабель желілернің (КЖ) конструкциясы және жұмыс істеу жағдайлары

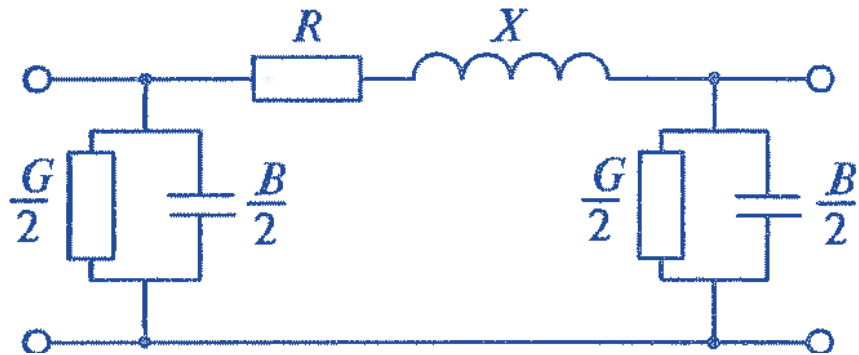
Маслонаполненные кабели высокого давления



Продольный разрез маслонаполненной кабельной линии низкого давления:

1 — МНК низкого давления; 2 — соединительная муфта; 3 — кабельный колодец; 4 — стопорная муфта; 5 — бак давления;
6 — бак питания; 7 — концевая муфта

5. ӘЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері



В схемах замещения выделяют продольные элементы – сопротивления линии электропередачи: $Z = R + jX$ и поперечные элементы – проводимости: $Y = G + jB$. Значения этих параметров для ВЛЭП определяются по общему выражению

$$\Pi = \Pi_0 L,$$

R – активное сопротивление;

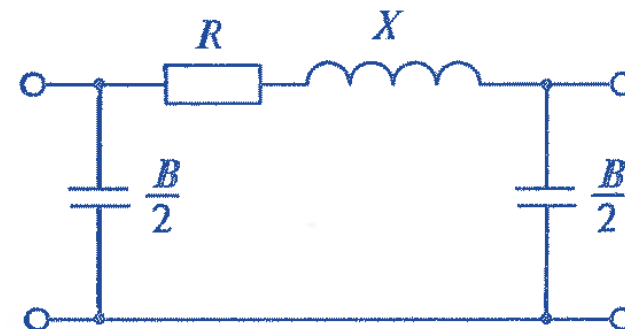
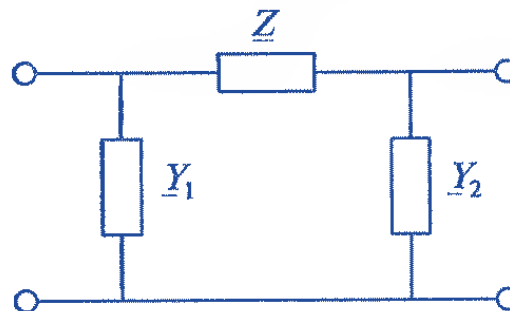
X – индуктивное сопротивление;

G – активная проводимость;

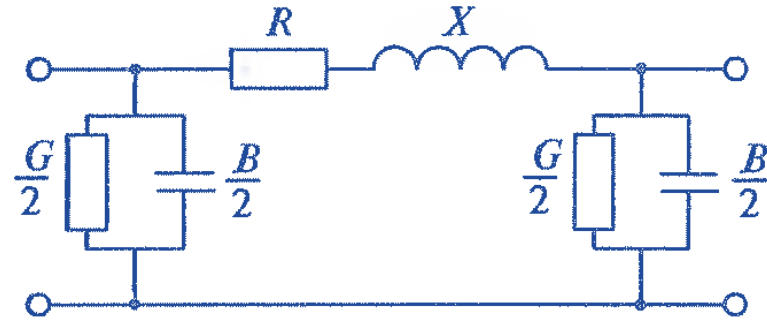
B – емкостная проводимость.

где $\Pi_0\{r_0, x_0, g_0, b_0\}$ – значение продольного или поперечного параметра, отнесенного к 1 км линии (погонные параметры);

L – протяженность линии электропередачи.



5. ЭЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері



Погонное активное сопротивление

$$r_0 = \rho / S$$

$$r_\theta = r_{20^\circ\text{C}} [1 + 0,004 (\theta - 20)]$$

ρ – удельное активное сопротивление металла провода, Ом · мм²/км;

S – сечение фазного провода, мм².

Погонное индуктивное сопротивление

$$x_0 = 0,1441g(2D_{\text{cp}}/d) + 0,0156. \approx 0,4 \text{ Ом/км}$$

$D_{\text{cp}} = \sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}}$ – среднегеометрическое расстояние между фазами;

d – диаметр провода.

Погонная емкостная проводимость

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg(2D_{\text{cp}}/d)} \cdot 10^{-6}.$$

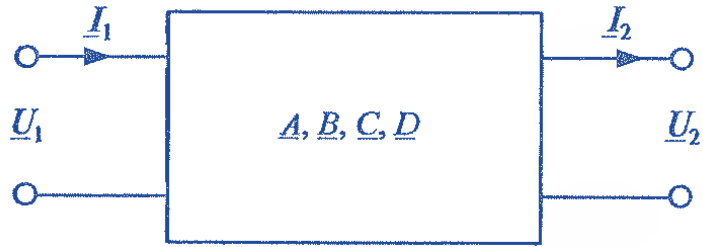
Для ВЛ 110-220 кВ $b_0 = 2,7$ мкСм/км.

Погонная активная проводимость

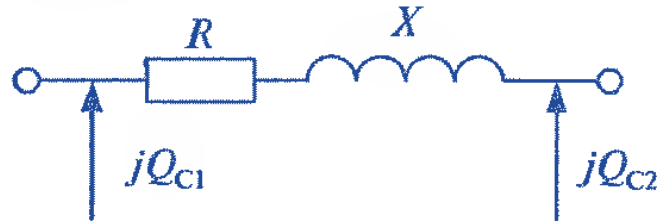
$$g_0 = \frac{\Delta P_k \cdot 10^{-3}}{U_{\text{ном}}^2}.$$

ΔP_k – потери активной мощности.

5. ӨЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері



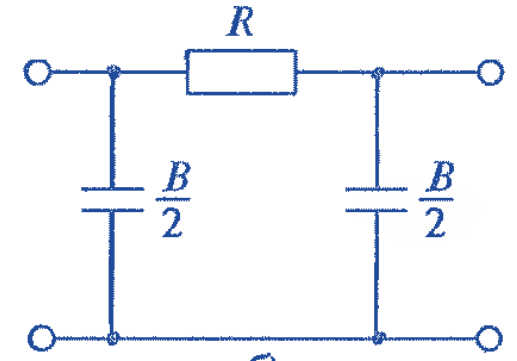
$$\underline{U}_1 = \underline{A}\underline{U}_2 + \sqrt{3}\underline{B}\underline{I}_2, \quad \underline{I}_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}\underline{C}\underline{U}_2 + \underline{D}\underline{I}_2.$$



a)



б)



в)



г)

5. ӘЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері

Удельные потери на корону для ВЛ

Номинальное напряжение, кВ	220	330	500	750	1150
Потери на корону, кВт/км	0,84	2,9 3,8	5,5 9,0	13,0 15,0	27,0 32,0

Удельные потери на корону для ВЛ 750 кВ в зависимости от фактического напряжения

Фактическое напряжение, кВ	715	730	750	770	787
Потери на корону, кВт/км	11,2	12,8	15	17,3	19,4

5. ЭЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері

Погонные сопротивления и емкостная проводимость для ВЛ с расщепленными фазами

$$r_0 = r_{0\text{пр}}/n, \quad x_0 = 0,1441g(2D_{\text{ср}}/d_{\text{экв}}) + 0,0156/n,$$

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg(2D_{\text{ср}}/d_{\text{экв}})},$$

n - число проводов в фазе;

$r_{0\text{пр}}$ - погонное активное сопротивление одного провода;

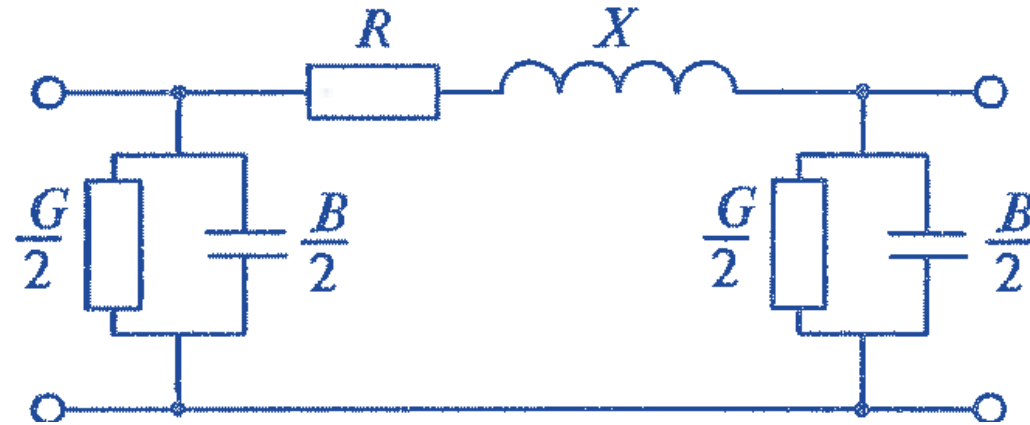
$$d_{\text{экв}} = \sqrt[n]{2^{n-1}d \prod_{i=2}^n a_{1i}}, \quad \text{- эквивалентный диаметр провода;}$$

a_{1i} - расстояние между одним проводом и другими проводами в фазе;

Средние значения параметров расщепленной фазы ВЛ

Напряжение, кВ	x_0 , Ом/км	b_0 , мкСм/км
330, 500	0,32	3,7
750	0,29	4,2
1150	0,23	4,6

6. КЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері



R – активное сопротивление;

X – индуктивное сопротивление;

G – активная проводимость;

B – емкостная проводимость.

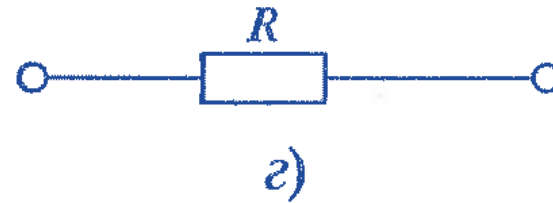
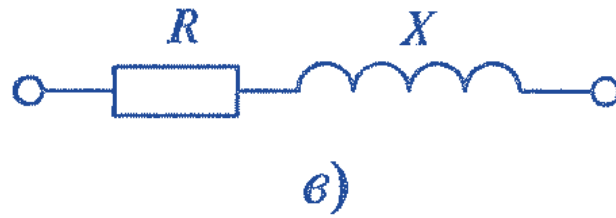
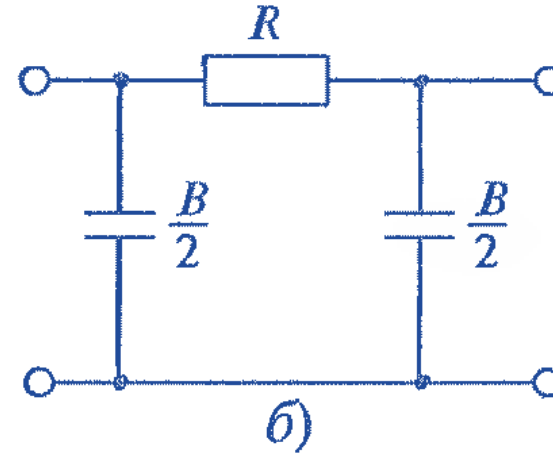
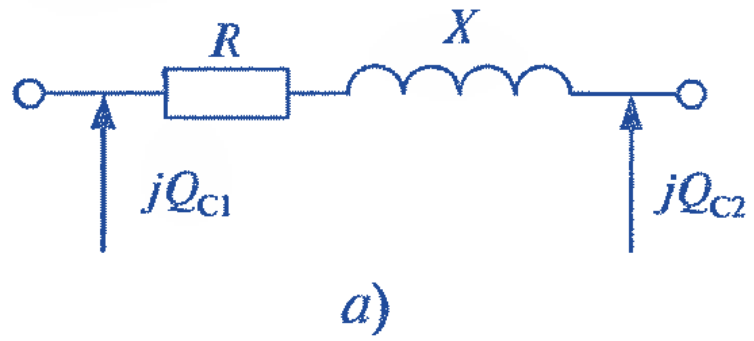
В схемах замещения выделяют продольные элементы – сопротивления линии электропередачи: $Z = R + jX$ и поперечные элементы – проводимости: $Y = G + jB$. Значения этих параметров для КЛ определяются по общему выражению

$$P = P_0 L,$$

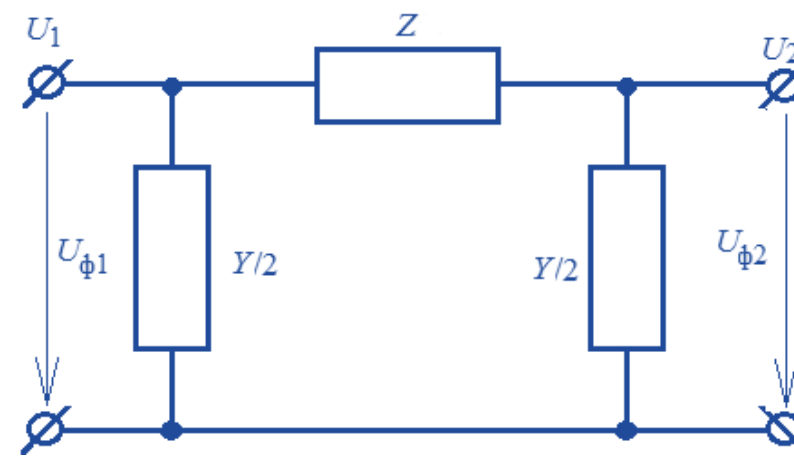
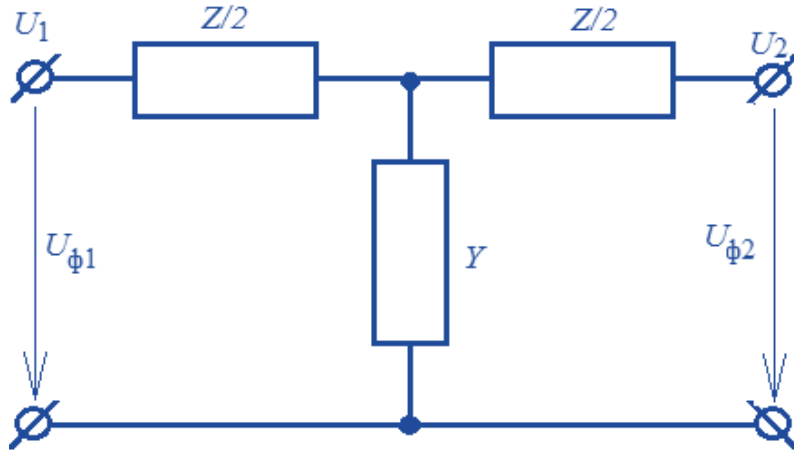
где $P_0\{r_0, x_0, g_0, b_0\}$ – значение продольного или поперечного параметра, отнесенного к 1 км линии (погонные параметры);

L – протяженность линии электропередачи.

6. КЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері



6. КЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері



Погонное активное сопротивление

$$r_0 = \rho / S$$

$$r_\theta = r_{20^\circ\text{C}} [1 + 0,004 (\theta - 20)]$$

где ρ - удельное активное сопротивление металла провода, $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{км}$. Для технического алюминия в зависимости от его марки можно принять $\rho = 29,5 \div 31,5 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{км}$, для меди $\rho = 18,0 \div 19,0 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{км}$; S - сечение фазного провода (жила), мм^2 .

0,004 – температурный коэффициент электрического сопротивления, 1/град
(для медных и алюминиевых проводов значение $\alpha = 0,00403$)

Погонное индуктивное сопротивление КЛ

$$x_0 = 0,1441g (2D_{\text{cp}}/d) + 0,0156.$$

$$D_{\text{cp}} = \sqrt[3]{D_{12}D_{13}D_{23}} \quad \text{– среднеегеометрическое расстояние между фазами;}$$

d – диаметр провода.

0,38 – 10 кВ

$X_0 \approx 0,06 \div 0,10 \text{ Ом/км}$

6. КЖ-нің алмастыру схемалары және оның параметрлері

Погонная емкостная проводимость

$$C_0 = 0,024 \cdot \left(\lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{пр}}} \right)^{-1} \cdot 10^{-6}.$$

Для КЛ 0,4-10 кВ $C_0 \cdot 10^{-6}$

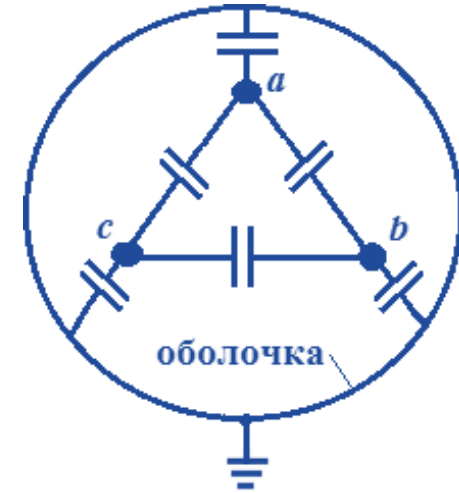
Напряже ние, кВ	Сечение жилы, мм ²										
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
До 1 кВ	0,35	0,40	0,50	0,53	0,63	0,72	0,77	0,81	0,86	0,86	–
6	0,20	0,23	0,28	0,31	0,36	0,40	0,42	0,46	0,51	0,53	0,58
10	–	–	0,23	0,27	0,29	0,31	0,32	0,37	0,44	0,45	0,60

$$b_0 = \omega C_0 = 7,78 \cdot \left(\lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{пр}}} \right)^{-1} \cdot 10^{-6}.$$

Погонная активная проводимость

$$g_0 = \Delta P_k \cdot 10^{-3} / U_{\text{НОМ}}^2.$$

ΔP_k – потери активной мощности.



Емкостной ток

$$I_{c0} = U_{\phi} b_0 = U b_0 / \sqrt{3}.$$

7. Бақылау сұрақтары

1. «Электр желісі» терминінің жалпы анықтамасы қандай?
2. Электр желілері қандай негізгі белгілері бойынша жіктеледі?
3. Номиналды кернеуі бойынша ерекшеленетін электр желілерінің қандай түрлері бар?
4. Өуе желісінің негізгі құрылымдық элементтері қандай?
5. Өуе желісінің конструкция элементтері қандай механикалық және атмосфералық әсерлерге төтеп беруі керек?
6. Өуе желілерінің элементтеріне жел қандай әсер етеді және олардың салдары қандай?
7. Өуе желісінің сымдары жасалатын материалдарға қандай талаптар қойылады?
8. Өуе желісінің сымдары мен кабельдерін жасау үшін қандай материалдар қолданылады?
9. UHF және UVN өуе желісінің фазасын бөлудің мақсаты қандай?
10. Сымның алюминий және болат бөліктерінің қималарының қатынасы бойынша ерекшеленетін айнымалы ток маркалы сымдардың модификациялары қандай?
11. Өуе желілерінің тіректерін жіктеудің негізгі белгілері қандай?
12. Өуе желісінің тіректері қандай материалдардан жасалған?
13. Ағаш және темірбетон тіректерді қолдану аймақтары қандай?
14. Бекітілген тіректердің дербес тіректермен салыстырғанда қандай артықшылығы бар?
15. Өуе желілерінде қандай оқшаулағыш конструкциялар қолданылады?
16. Өуе желісінің тік өлшемі қандай құрамдастардан тұрады?
17. Өуе желісінің тіреуішіндегі найзағайдан қорғайтын кабельдердің орналасуын қандай жағдайлар анықтайды?
18. Өуе желісінің фазаларының сымдарының арақашықтығы қандай ойларға байланысты анықталады?
19. Кабельдік желі қандай элементтерден тұрады?
20. КЛ қандай критерийлер бойынша жіктеледі?
21. Кабельдердің қағаз электр оқшаулауын тұтқыр сіңдірудің қандай түрлері бар?
22. Сіңдірілген қағаз изоляциясы бар 6-10 және 20-35 кВ кабельдердің конструкцияларының принципті айырмашылығы неде?
23. Пластмассадан оқшауланған кабельдер құрылысында қандай материалдар қолданылады?