



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



Станция и **FAN:** подстанцияларнинг электр қисмини танлаш

MAVZU

07

Шина конструкциялари ва
кабелларни танлаш



Бабаев Азиз Галибович

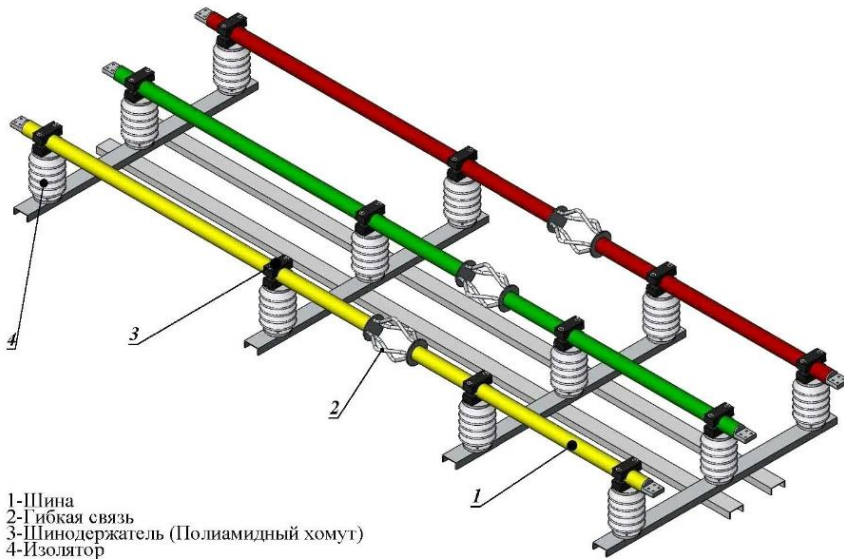


“электр таъминот ва қайта тикланувчан энергия
манбалари” кафедраси профессори

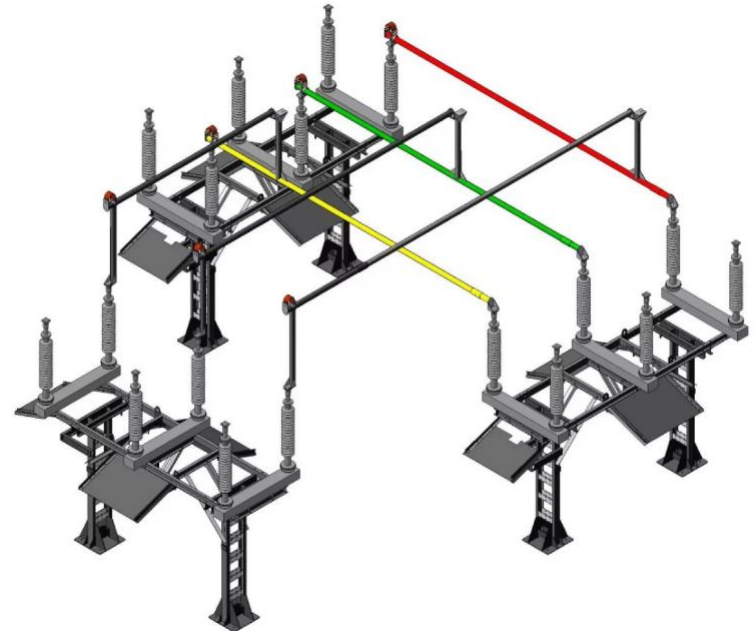
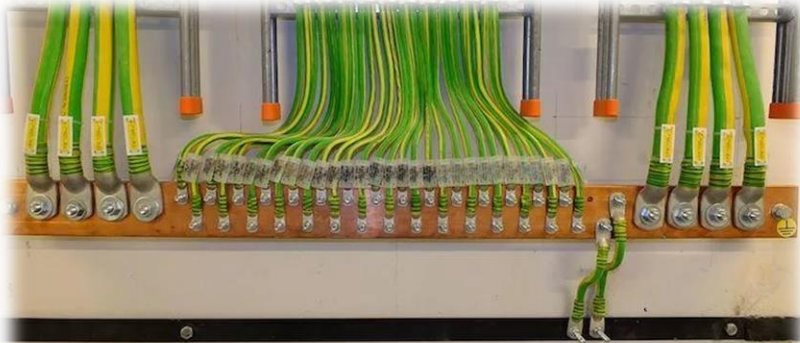
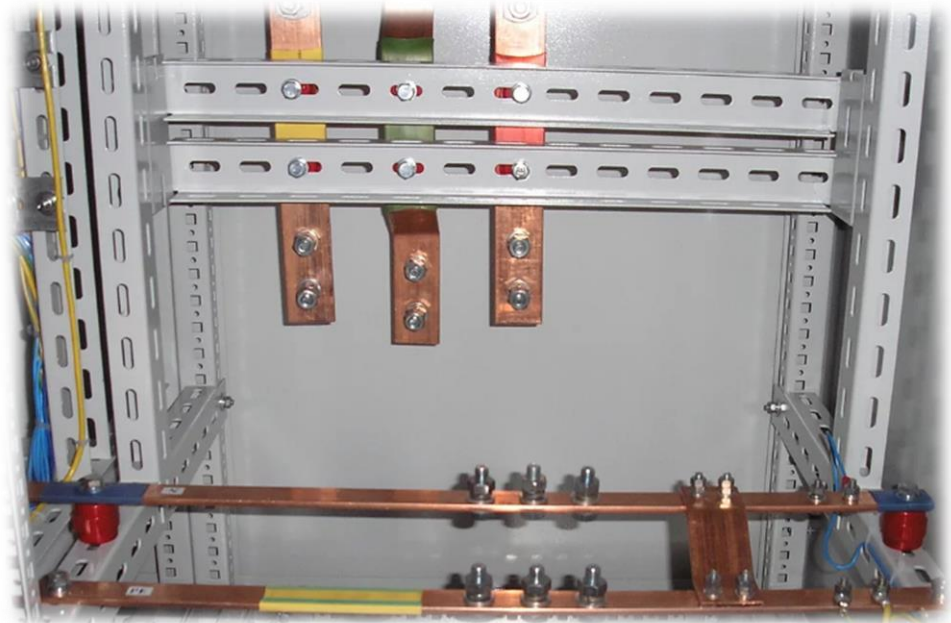


Литература

- Справочник по проектированию электрических сетей и оборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
- Головкин Г.И. Энергосистема и потребители ЭЭ. – М., Энергоатомиздат, 1984 г. – 360 с.
- Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976 – 384 с.
- ТАСИС. Курс «Освещение». – Киев, 1999.
- Правила пользования электрической энергией. НКРЭ, Киев, 1996 г.
- Сайт АББ ВЭИ Метроника по адресу:
www.abb.ru/metronica.



- 1-Шина
- 2-Гибкая связь
- 3-Шинодержатель (Полиамидный хомут)
- 4-Изолятор



10 кВ қаттиқ шиналарни танлаш.

10 кВ-ли ЁТҚ-ни электр энергия билан таъминлаш учун 16 МВА қувватли трансформаторидан келаётган 10 кВли шиналарнинг кесимини танлаш ва текшириш талаб қилинади.

Дастлабки маълумотлар:

10 кВли шиналаридаги максимал уч фазали қисқа туташув токи- $I_{к.з} = 9.8$ кА;

ТДН-16000/110-У1 турдаги куч трансформатори 60% юкланган. Ҳисоблаш: ПУЕ 7-п.1.3. 28 нашрига кўра, иқтисодий мақсадга мувофиқлигини текшириш амалга оширилмайди, шунинг учун шиналарни танлаш фақат узоқ муддатли рухсат этилган токга мувофиқ амалга оширилади (ПУЕ 7-нашр п. 1. 3. 9 ва п.1.3.22).

Шиналар қисқа туташувга термик ва электродинамик қаршилик учун текширилади(ПУЕ 7-нашр п.1.4.5).

1. Узоқ муддатли рухсат этилган ток бўйича шинани танлаш

Узоқ муддатли рухсат этилган токга мувофиқ шиналарни танлаш (иситиш орқали) нафақат нормал, балки авариявий режимлардан кейинги режимларни, шунингдек таъмирлаш пайтида режимларни ва шиналар бўлимлари орасидаги тоқларнинг нотекис тақсимланишини ҳисобга олади [Л2, п.220].

1.1 Определяем ток нормального режима, когда трансформатор загружен на 60%:

$$I_{\text{раб.норм.}} = \frac{S_{\text{н.тр-ра}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{0,60 \cdot 16000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 528\text{А}$$

где:

$S_{\text{н.тр-ра}} = 16000\text{кВА}$ номинальная мощность трансформатора ТДН-16000/110-У1;

$U_{\text{н.}} = 10,5\text{ кВ}$ - номинальное напряжение сети;

1.2. Определяем максимальный рабочий ток, когда один из трансформаторов перегружен на 1,4 от номинальной мощности (утяжеленный режим):

$$I_{\text{раб.норм.}} = \frac{S_{\text{н.тр-ра}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{1,4 \cdot 16000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1233 \text{ А}$$

По таблице 1.3.31 (ПУЭ 7-издание) определяем допустимый ток для однополосных алюминиевых шин прямоугольного сечения 80x8 мм с допустимым током $I_{\text{доп.о}} = 1320 \text{ А}$.

Таблица 1.3.31. Допустимый длительный ток для шин прямоугольного сечения

Размеры, мм	Медные шины				Алюминиевые шины				Стальные шины	
	Ток *, А, при количестве полос на полюс или фазу								Размеры, мм	Ток *, А
	1	2	3	4	1	2	3	4		
15 × 3	210	—	—	—	165	—	—	—	16 × 2,5	55/70
20 × 3	275	—	—	—	215	—	—	—	20 × 2,5	60/90
25 × 3	340	—	—	—	265	—	—	—	25 × 2,5	75/110
30 × 4	475	—	—	—	365/370	—	—	—	20 × 3	65/100
40 × 4	625	—/1090	—	—	480	—/855	—	—	25 × 3	80/120
40 × 5	700/705	—/1250	—	—	540/545	—/965	—	—	30 × 3	95/140
50 × 5	860/870	—/1525	—/1895	—	665/670	—/1180	—/1470	—	40 × 3	125/190
50 × 6	955/960	—/1700	—/2145	—	740/745	—/1315	—/1655	—	50 × 3	155/230
60 × 6	1125/1145	1740/1990	2240/2495	—	870/880	1350/1555	1720/1940	—	60 × 3	185/280
80 × 6	1480/1510	2110/2630	2720/3220	—	1150/1170	1630/2055	2100/2460	—	70 × 3	215/320
100 × 6	1810/1875	2470/3245	3170/3940	—	1425/1455	1935/2515	2500/3040	—	75 × 3	230/345
60 × 8	1320/1345	2160/2485	2790/3020	—	1025/1040	1680/1840	2180/2330	—	80 × 3	245/365
80 × 8	1690/1755	2620/3095	3370/3850	—	1320/1355	2040/2400	2620/2975	—	90 × 3	275/410
100 × 8	2080/2180	3060/3810	3930/4690	—	1625/1690	2390/2945	3050/3620	—	100 × 3	305/460
120 × 8	2400/2600	3400/4400	4340/5600	—	1900/2040	2650/3350	3380/4250	—	20 × 4	70/115
60 × 10	1475/1525	2560/2725	3300/3530	—	1155/1180	2010/2110	2650/2720	—	22 × 4	75/125
80 × 10	1900/1990	3100/3510	3990/4450	—	1480/1540	2410/2735	3100/3440	—	25 × 4	85/140
100 × 10	2310/2470	3610/4325	4650/5385	5300/6060	1820/1910	2860/3350	3650/4160	4150/4400	30 × 4	100/165
120 × 10	2650/2950	4100/5000	5200/6250	5900/6800	2070/2300	3200/3900	4100/4860	4650/5200	40 × 4	130/220
									50 × 4	165/270
									60 × 4	195/325
									70 × 4	225/375
									80 × 4	260/430
									90 × 4	290/480
									100 × 4	325/535

* В числителе приведены значения переменного тока, в знаменателе — постоянного.

1.3. Определяем длительно допустимый ток для прямоугольных шин сечением 80x8 мм с учетом поправочных коэффициентов по формуле 9.11 [Л1, с.170]:

$$I_{\text{доп.}} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{\text{доп.о}} = 0,92 \cdot 0,94 \cdot 1320 = 1142 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп.}} = 1142 \text{ А} < I_{\text{раб.макс.}} = 1233 \text{ А} - \text{условие не выполняется}$$

где:

$I_{\text{доп.о}} = 1320 \text{ А}$ – длительно допустимый ток полосы при температуре шины $\theta_{\text{ш}} = 70^\circ\text{С}$, температуре окружающей среды $\theta_{\text{о.с}} = 25^\circ\text{С}$ и расположения шин вертикально (на ребро), определяемый по таблице 1.3.31 (ПУЭ 7-издание);

k_1 — поправочный коэффициент при расположении шин горизонтально (плашмя), согласно ПУЭ 7-издание п. 1.3.23, должны быть уменьшены на 5% для шин с шириной полос до 60 мм и на 8% для шин с шириной полос более 60 мм. Принимаем $k_1 = 0,92$ (так как шины будут расположены плашмя).

k_2 – поправочный коэффициент для шин при температуре окружающей среды (воздуха) $\theta_{\text{о.с}}$ отличной от 25°С , определяемый по ПУЭ 7-издание таблица 1.3.3. Принимаем $k_3 = 0,94$ с учетом, что среднемесячная температура наиболее жаркого месяца равна $+30^\circ\text{С}$.

Таблица 1.3.3. Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха

Условная температура среды, °C	Нормированная температура жил, °C	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °C											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

Принимаем сечение шин 80x10 мм, с допустимым током $I_{доп.о} = 1480$ А.

80x10 мм бўлган кесимли шинани қабул қиламиз, рухсат этилган ток $I_{р.э.о} = 1480 \text{ А}$.

1.4. 80x10 мм бўлган тўғрибурчакли шиналар учун узок муддатли рухсат этилган токни 9.11 формулага мувофиқ тузатиш коэффициентларини ҳисобга олган ҳолда аниқлаймиз [Л1 ,п.170]:

$$I_{р.э.} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{р.э.о} = 0,92 \cdot 0,94 \cdot 1480 = 1280 \text{ А}$$

$I_{р.э.} = 1280 \text{ А} < I_{\text{макс.иш.}} = 1233 \text{ А}$ – шарт бажарилмоқда
АДЗ1Т1 маркали шиналарни танлаймиз 80x10 мм.

2. Проверка шин на термическую устойчивость

2.1. Ифода орқали қисқа туташув токи орқали тарқалаётган иссиқлик импульсини аниқлаймиз:

$$B_k = I_{д.0}^2 \cdot (t_{\check{y}ч.} + T_a) = 9,8^2 \cdot (0,18 + 0,04) = 2113 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

бу ерда:

$I_{д.0} = 9,8 \text{ кА}$ – начальное действующее значение тока КЗ на шинах 10 кВ шаналардаги ҚТТ-нинг айни пайитдаги бошланғич қиймати.

T_a – ҚТТ-нинг нодаврий сўниш вақтининг доимийлиги. Тахминий ҳисоблар учун T_a – нинг қийматларини 3.8 жадвал орқали аниқлаймиз. 16 МВА ли трансформатор учун $T_a = 0,04$ деб қабул қиламиз.

Таблица 3.8. Значения постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ и ударного коэффициента

Элементы или части энергосистемы	T_a, c	k_y
Турбогенераторы мощностью, МВт:		
12—60	0,16—0,25	1,94—1,955
100—1000	0,4—0,54	1,975—1,98
Блоки, состоящие из турбогенератора мощностью 60 МВт и трансформатора (на стороне ВН), при номинальном напряжении генератора, кВ		
6,3	0,2	1,95
10	0,15	1,935
Блоки, состоящие из турбогенератора и повышающего трансформатора, при мощности генераторов, МВт		
100—200	0,26	1,965
300	0,32	1,97
500	0,35	1,973
800	0,3	1,967
Система, связанная со сборными шинами, где рассматривается КЗ, воздушными линиями напряжением, кВ		
35	0,02	1,608
110—150	0,02—0,03	1,608—1,717
220—330	0,03—0,04	1,717—1,78
500—750	0,06—0,08	1,85—1,895
Система, связанная со сборными шинами 6—10 кВ, где рассматривается КЗ, через трансформаторы мощностью, МВ·А в единице		
80 и выше	0,06—0,15	1,85—1,935
32—80	0,05—0,1	1,82—1,904
5,6—32	0,02—0,05	1,6—1,82
Ветви, защищенные реактором с номинальным током, А		
1000 и выше	0,23	1,956
630 и ниже	0,1	1,904
Распределительные сети напряжением 6—10 кВ	0,01	1,369

2.1.1. ҚТ тўлиқ ўчирилишини 3.88 ифодаси орқали аниқлаймиз

$$T_{\text{ўчир.}} = t_{\text{х.и.}} + t_{\text{ў.ў.}} = 0,1 + 0,07 = 0,18 \text{ сек.}$$

$t_{\text{р.з.}}$ – трансформаторнинг асосий химоясини ишлашининг вақти, 0,1 сек (АПВ – кўзда тутилмаган).

$t_{\text{ў.ў.}}$ – ўчиргичларни тўлиқ ўчиш вақти каталогдан танланади, 0,07 сек. деб танланди

2.2. Қисқа туташувдаги термал қаршилик бўйича шиналарнинг минимал кесимини қуйидаги ифода бўйича аниқлаймиз

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C} = \frac{\sqrt{21,13 \cdot 10^6}}{91} = 50,51 \text{ мм}^2 < S_{\text{шин.}} = 800 \text{ мм}^2 (80 \times 10 \text{ мм})$$

бу ерда: C – функция, қиймати 3.14 жадвалида келтирилган. Алюмин шиналар учун $C = 91$.

Таблица 3.14. Значение функция С

Проводник	Значение функции С, А·с ^{1/2} /мм ²	
Шины: алюминиевые медные Кабель:	91 167 при номинальном напряжении, кВ	
	6	10
с алюминиевыми сплошными жилами и бумажной изоляцией	92	94
с алюминиевыми многопроволочными жилами и бумажной изоляцией	98	100
с медными сплошными жилами и бумажной изоляцией	140	143
с медными многопроволочными жилами и бумажной изоляцией	147	150
с алюминиевыми жилами и поливинилхлоридной изоляцией	75	78
с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией	114	118
с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	62	65
с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	94	98

Кўриб турганимиздек юқорида кесим юзаси 80x10мм-ли шиналар қабул қилинган, термик қаршиликка эга.

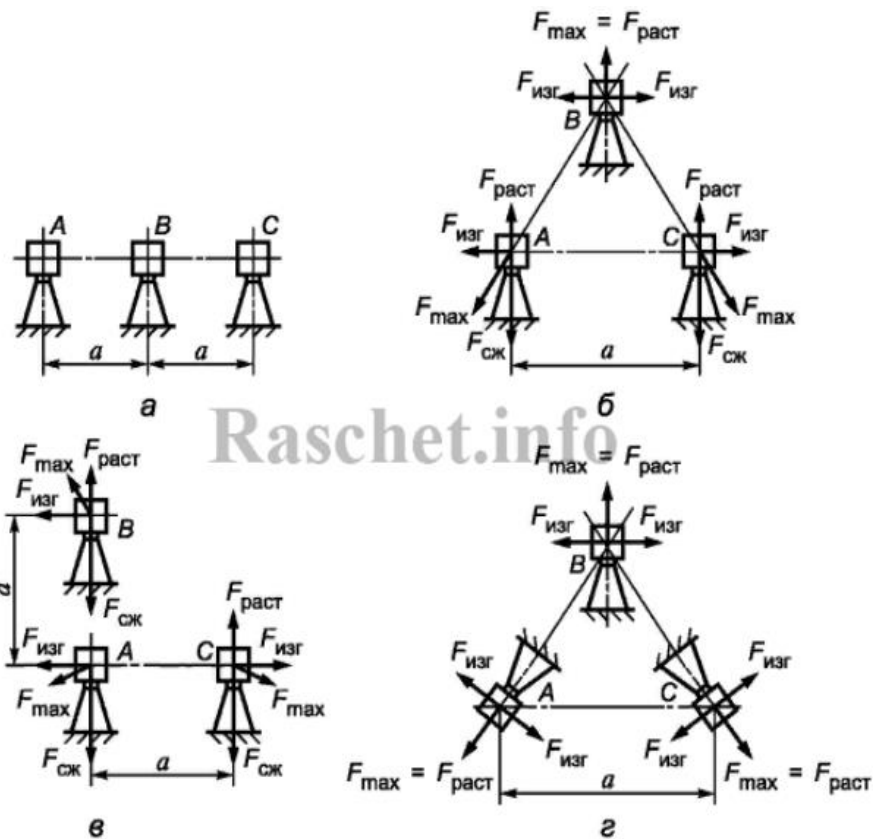
3. Шиналарни электродинамик қаршиликка текшириш

Дастлабки маълумотлар:

10 кВ шиналардаги уч фазали қисқа туташувнинг зарб токи- $I_{сол.} = 24,5$ кА;
Шиналар АДЗ1Т1 туридаги алюминий қотишмасидан 80х10 мм кесимли,
горизонтал равишда битта текисликда (текис) жойлашган ва саккизта
оралиққа эга.

Оралиғ узунлиги — $l = 0,9$ м;

Ўтказгичларнинг ўқлари орасидаги
масофа — $a = 0,27$ м (расмда
шиналарнинг жойлашиши
келтирилган);



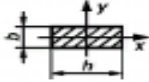

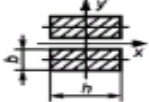
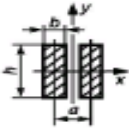
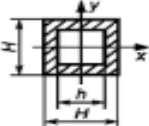
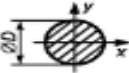
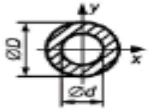
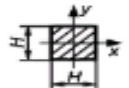
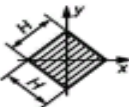
2-расм-шиналар конструкциясининг ўзаро жойлашуви диаграммаси.

Ечим

Инерция моментини J ва қаршилик моментини W аниқлаймиз 4-жадвалга мувофиқ ҳисоблаш формулалари орқали.

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,01 \cdot 0,08^3}{12} = 42,7 \text{ см}^4 = 42,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$
$$W = \frac{b \cdot h^3}{6} = \frac{0,01 \cdot 0,08^3}{6} = 10,7 \text{ см}^3 = 10,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Таблица 4 – Инерция моментини J ва қаршилик моментини W аниқлаш жадвали

Форма поперечного сечения и расположение осей	Расчетные формулы	
	$J, \text{м}^4$	$W, \text{м}^3$
	$J_y = \frac{bh^3}{12}$	$W_y = \frac{bh^2}{6}$
	$J_y = \frac{hb^3}{12}$	$W_y = \frac{hb^2}{6}$
	$J_y = \frac{bh^3}{6}$	$W_y = \frac{bh^2}{3}$
	$J_y = \frac{hb^3}{6}$	$W_y = \frac{hb^2}{3}$
	$J_y = \frac{H^4 - h^4}{12}$	$W_y = \frac{H^4 - h^4}{6H}$
	$J_y = \frac{\pi D^4}{64}$	$W_y = \frac{\pi D^3}{32}$
	$J_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$W_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$
	$J_y = \frac{H^4}{12}$	$W_y = \frac{H^3}{6}$
	$J_y = \frac{H^4}{12}$	$W_y = \frac{H^3}{6\sqrt{2}}$

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{S}} = \frac{173,2}{0,9^2} \cdot \sqrt{\frac{42,7}{8}} = 494 \text{ Гц}$$

бу ерда: $S = 800 \text{ мм}^2 = 8 \text{ см}^4$ – шинанинг кесим юзаси $80 \times 10 \text{ мм}$.

Агарда мисли шиналар бўлганда, у ҳолда шахсий тебраниш частотасини қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$f_0 = \frac{125,2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{S}}$$

Агар табиий тебраниш частотаси 200 Гц дан катта бўлса, унда механик резонанс содир бўлмайди. Агар $f_0 < 200 \text{ Гц}$ бўлса, шиналар тузилишининг механик тебранишларидан келиб чиқадиган қўшимча динамик кучларни ҳисобга олган ҳолда махсус ҳисоблаш амалга оширилади (ГОСТ Р 52736-2007 га қаранг). Бундай ҳолда, $f_0 > 200 \text{ Гц}$, шунинг учун ҳисоблашни, шиналар тузилишидаги тебраниш жараёнини ҳисобга олмаган ҳолда амалга оширилиши мумкин [Л2, п.221].

3.3. Уч фазали қисқа туташувдаги энг катта ўзига хос кучни ифода орқали аниқлаймиз 3.74 [Л2, с.221]:

$$f^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot k_{\phi} \cdot \frac{i_{уд}^2}{a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot 1,0 \frac{24,5^2 \cdot 10^6}{0,27} \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 346,14 \text{ Н}$$

бу ерда:

$l = 0,9$ м – оралик узунлиги, м;

k_{π} – шинанинг баландлиги учун тузатиш коэффициенти, агар у қовурғасига ўрнатилган бўлса см. рис.4.8. Ушбу мисолда шиналар горизонтал ҳолатда жойлашган (текис), шунинг учун $k_{\pi} = 1,0$:

$$k_{\pi} = \frac{H}{H_{из.}}; H = H_{из.} + b + \frac{h}{2}$$

бу ерда: $H_{из.}$ – изолятор баландлиги.

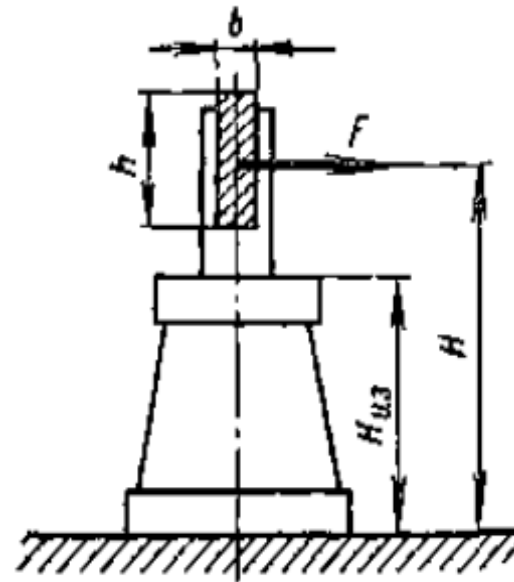


Рис. 4.8

Шиналардаги максимал кучланишни уч фазали қисқа туташув билан аниқлаймиз, бу ифода билан эгилиш моментига таъсир қилганда содир бўлади, 4.20 [Л2, с.222]:

$$\sigma_{\text{ҳисоб.}} = \frac{f^{(3)} \cdot l^2}{10 \cdot W} = \frac{384,6 \cdot 0,9^2}{10 \cdot 10,7} = 2,91 \text{ МПа}$$

$l = 0,9$ м – оралик узунлиги, м;

$W = 10,7$ см³ – юқорида аниқланган шинанинг кўндаланг кесимининг қаршилиги.

Олинган максимал шиналар кучланишини солиштирамиз $\sigma_{\text{ҳисоб.}} = 2,91$ рухсат этилган материал кучланиш билан $\sigma_{\text{р.э.}} = 137$ МПа.

Т а б л и ц а 3 — Основные характеристики материалов шин

Материал шины	Марка	Временное сопротивление разрыву, МПа		Допустимое напряжение, МПа		Модуль упругости, 10^{10} Па
		материала	в области сварного соединения	материала	в области сварного соединения	
Алюминий	АО, А	118	118	82	82	7
	АДО	59—69	59—69	41—48	41—48	7
Алюминиевый сплав	АД31Т	127	120	89	84	7
	АД31Т1	196	120	137	84	7
	АВТ1	304	152	213	106	7
	1915Т	353	318	247	223	7
Медь	МГМ	245—255	—	171,5—178	—	10
	МГТ	245—294	—	171,5—206	—	10

Ҳисоб-китоб натижаларидан кўриниб турганидек, натижалар $\sigma_{\text{ҳисоб}} = 2.91$ МПа $< 0,7 * 196 = 137$ МПа – электродинамик барқарорлик шarti бажарилди. Хулоса: Танланган АД31Т1 шиналари 80x10 мм кесими билан электродинамик барқарорлик ҳолатини қондиради, узунлиги $l = 0,9$ м.



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEXANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



Благодарю за внимание!



Бабаев Азиз Галибович



+ 998 71 237 1968



Доцент кафедры “Электроснабжение и
возобновляемые источники энергии

