

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Інтелектуальні системи енергопостачання»

ПРОЄКТ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ НА СТАНЦІЇ

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту

Електронний аналог
друкованого видання

ДНПРО
2023

Укладачі:

Д. О. Босий, А. В. Антонов, В. О. Дьяков

Експерти:

Голов. інж. проєкту *Д. М. Яценко* («Дніпрозалізничпроєкт»)
д-р техн. наук, проф. *А. М. Афанасов* (УДУНТ)

Рекомендовано МКФ «УЕП» (протокол № 2 від 15.11.2022).
Зареєстровано НМВ УДУНТ (постанова № 618 від 22.05.2023)

П 79 Проєкт контактної мережі на станції: методичні рекомендації до виконання курсового проєкту / уклад.: Д. О. Босий, А. В. Антонов, В. О. Дьяков ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2023. – 34 с.

Методичні рекомендації до курсового проєкту містять теоретичні відомості, методику виконання механічних розрахунків контактних підвісок, завдання до курсового проєкту, вихідні дані, довідкові дані та необхідну інформацію для побудови креслень. Видання сприяє кращому засвоюванню теоретичного матеріалу та набуття практичних навичок. Наведені матеріали можуть бути використані для самостійної роботи та під час підготовки до контрольних заходів.

Для студентів усіх форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» за ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Іл. 11. Табл. 18. Бібліогр.: 5 назв. Додат. 4.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Вихідні дані для розробки проєкту.....	5
2. Розрахункові навантаження.....	9
3. Допустимі довжини прогонів.....	11
4. Механічний розрахунок анкерної ділянки № 1.....	13
5. Прохід контактної підвіски під пішохідним містком	17
6. Розрахунок та підбір типових опор	19
7. Живлення та секціонування контактної мережі.....	23
8. Список літератури.....	29
Додаток А.....	30
Додаток Б.....	31
Додаток В.....	32
Додаток Г.....	33

ВСТУП

Методичні рекомендації до курсового проекту покликані закріпити в ході виконання розрахунків та креслень отримані теоретичні знання з проведення механічних розрахунків контактних мереж та вивчених конструктивних елементів. Особливість курсового проекту полягає у відповідності розглядуваних методик розрахунку реальним проектним вишукуванням, а застосування спеціалізованих САПР підвищенню якості отримуваних навичок.

Основною метою курсового проекту є навчання студентів основам проектування контактної мережі. Контактна мережа є одним із основних та дороговартісних елементів системи тягового електропостачання. Її вартість складає біля 40% від загальних затрат на електрифікацію залізниць. Контактна мережа працює в складних умовах механічної та електричної взаємодії зі струмоприймачами електрорухомого складу і піддається дії атмосферних впливів. Особливістю контактної мережі є те, що вона не має резерву, а її велика протяжність ускладнює обслуговування.

У зв'язку з цим, при проектуванні контактної мережі необхідно забезпечити надійне струмознімання за заданими швидкостями руху поїздів, тяговими навантаженнями і кліматичними умовами, гарантувати механічну міцність та стійкість всієї системи контактної мережі. Поставлені задачі у проекті повинні бути розв'язані з урахуванням зниження затрат на матеріали, обладнання та вартість будівельних і монтажних робіт. Для проектування задається станція двоколіїної залізниці. Курсовий проект складається з пояснювальної записки та одного листа креслення, на якому показується трасування контактної мережі й живлячих ліній, специфікація анкерних ділянок і опор, схема живлення та секціонування.

Курсовий проект необхідно виконувати у відповідності з будівельними нормами та правилами [2], з дотриманням Правил улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць [3]. Пояснювальна записка повинна бути виконана акуратно згідно з вимогами ЄСКД. Графічна частина проекту виконується з використанням спеціалізованих САПР. Зразки виконання перших аркушів курсового проекту наведено у додатках А-Г.

Дисципліна «Контактна мережа» відноситься до вибіркової компоненти освітньої програми «Електротехнічні системи електроспоживання».

Методичні рекомендації до виконання курсового проекту сприяють досягненню наступних очікуваних результатів навчання: розуміти взаємозв'язки електричних систем різного типу, розрізняти типи силового обладнання та пристроїв захисного заземлення, застосовувати програмне забезпечення для проектування контактної мережі, розв'язувати складні задачі з проектування та обслуговування пристроїв контактної мережі.

1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТУ

Вибір варіанта проводиться згідно з цифрами шифру студента

1.1. Характеристика ланцюгової підвіски

Варіант ланцюгової підвіски вибирається за передостанньою цифрою шифру з табл. 1.1. На головних коліях станції ланцюгова підвіска одинарна, напівкомпенсована, напівкоса з ресорним тросом. На інших станційних коліях – одинарна, напівкоса ланцюгова підвіска ПБСМ-70 + МФ-85 зі зміщеними струнами.

Таблиця 1.1

Чисельні значення параметрів за передостанньою цифрою шифру

Варіант	h_{Π} , м	a_{Π} , м	Рід струму	Ланцюгова підвіска на головних коліях станції
0	7,5	4	Змінний	ПБСМ-70 + МФ-100
1	7,7	3	Постійний	ПБСМ-95 + 2МФ-100
2	7,9	5	Змінний	ПБСМ-95 + МФ-100
3	8,1	4	Постійний	М-95 + 2МФ-100
4	8,3	3	Змінний	М-95 + МФ-100
5	8,5	5	Постійний	М-120 + 2МФ-100
6	7,6	4	Змінний	ПБСМ-70 + МФ-100
7	7,8	3	Постійний	М-95 + 2МФ-100
8	8,0	5	Змінний	ПБСМ-95 + МФ-100
9	8,2	4	Постійний	М-120 + 2МФ-100

1.2. Кліматичні умови

Варіант кліматичних умов вибирається за останньою цифрою шифру з табл. 1.2. Температура утворення ожеледі – -5°C . Температура, при якій спостерігається вітер максимальної інтенсивності становить $+5^{\circ}\text{C}$. Ожеледь на проводах контактної мережі циліндричної форми густиною 900 кг/м^3 . Швидкість руху поїздів не більше 120 км/год . У табл. 1.2. наведені розрахункові значення параметрів.

Таблиця 1.2

Чисельні значення параметрів за останньою цифрою шифру

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Найнижча температура, °C	-30	-35	-40	-25	-30	-25	-40	-35	-30	-35
Найвища температура, °C	+40	+35	+40	+30	+35	+30	+40	+35	+40	+30
Максимальна швидкість вітру, м/с	30	25	30	35	40	30	25	30	35	40
Швидкість вітру при ожеледі, м/с	20	18	15	20	15	20	16	20	14	16
Товщина стінки ожеледі, мм	20	15	5	10	5	25	5	20	15	10

1.3. Схема станції

Схема станції наведена на рис 1.1. На схемі вказані пасажирські будівлі (ПБ), пакгаузи (ПГ), центри стрілочних переводів (ЦП), вхідний світлофор парний (СП), вхідний світлофор непарний (СН), тупики (Т), вісі пішохідних містків (ПМ) та розмічувальна вісь тягової підстанції (ЕЧЕ). Відстані від вищевказаних прив'язок до осі пасажирської будівлі в метрах (підмети) наведені в табл. 1.3 – 1.5.

Таблиця 1.3

Розташування прив'язок за останньою цифрою шифру

Варіант		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пікет ЕЧЕ, м	ЕЧЕ-1	850	–	–	–	900	–	–	–	820	–
	ЕЧЕ-2	–	800	–	–	–	820	–	–	–	860
	ЕЧЕ-3	–	–	860	–	–	–	800	–	–	–
	ЕЧЕ-4	–	–	–	820	–	–	–	780	–	–
Пікет ПБ, м	ПБ1	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
	ПБ2	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0
Пікет осі ПМ, м	ПМ1	70	–	80	–	90	–	100	–	110	–
	ПМ2	–	110	–	100	–	90	–	80	–	70
Пікети ЦП, м	ЦП21	–	–	300	–	–	–	400	–	–	–
	ЦП22	350	–	–	–	300	–	–	–	400	–
	ЦП23	–	–	–	300	–	–	–	350	–	–
	ЦП24	–	300	–	–	–	350	–	–	–	400

Таблиця 1.4

Розташування прив'язок за останньою цифрою шифру

Варіант		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пікети тупиків, м	T1	–	750	800	–	–	760	780	–	–	810
	T2	770	–	–	790	810	–	–	760	785	–
	T3	720	–	–	735	750	–	–	790	760	–
	T4	–	710	760	–	–	725	740	–	–	790
Пікети пакгаузів, м	ПГ1	–	$\frac{620}{650}$	–	–	–	$\frac{700}{670}$	–	–	–	$\frac{760}{730}$
	ПГ2	$\frac{640}{670}$	–	–	–	$\frac{670}{700}$	–	–	–	$\frac{690}{720}$	–
	ПГ3	–	–	–	$\frac{610}{640}$	–	–	–	$\frac{720}{750}$	–	–
	ПГ4	–	–	$\frac{650}{680}$	–	–	–	$\frac{670}{700}$	–	–	–
Пікет СП, м		1000	1020	1040	1060	1080	1100	1090	1070	1050	1030
Пікети ЦП, м	ЦП4	640	–	610	–	720	–	780	–	800	–
	ЦП6	–	680	–	740	–	800	–	830	–	810
	ЦП10	570	540	550	570	610	620	700	710	740	720
	ЦП16	600	510	520	570	650	700	670	500	670	620

Примітка. У чисельнику вказані пікети початків пакгаузів, у знаменнику – кінців.

Таблиця 1.5

Розташування прив'язок за передостанньою цифрою шифру

Варіант		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пікети ЦП, м	ЦП3	600	–	620	–	680	–	710	–	660	–
	ЦП5	–	670	–	720	–	690	–	810	–	610
	ЦП9	510	600	550	620	600	570	630	650	550	510
	ЦП15	580	570	580	620	600	570	510	700	600	500
Пікет СН, м		1050	1070	1090	1010	1030	950	970	1000	1080	1060

На станції електрифікуються всі колії, окрім підїзної до тягової підстанції. Стрілки електрифікованих колій мають марку хрестовини – 1/11, неелектрифікованих – 1/9.

На схемі станції цифрами вказані номери колій та відстані між осями колій в метрах.

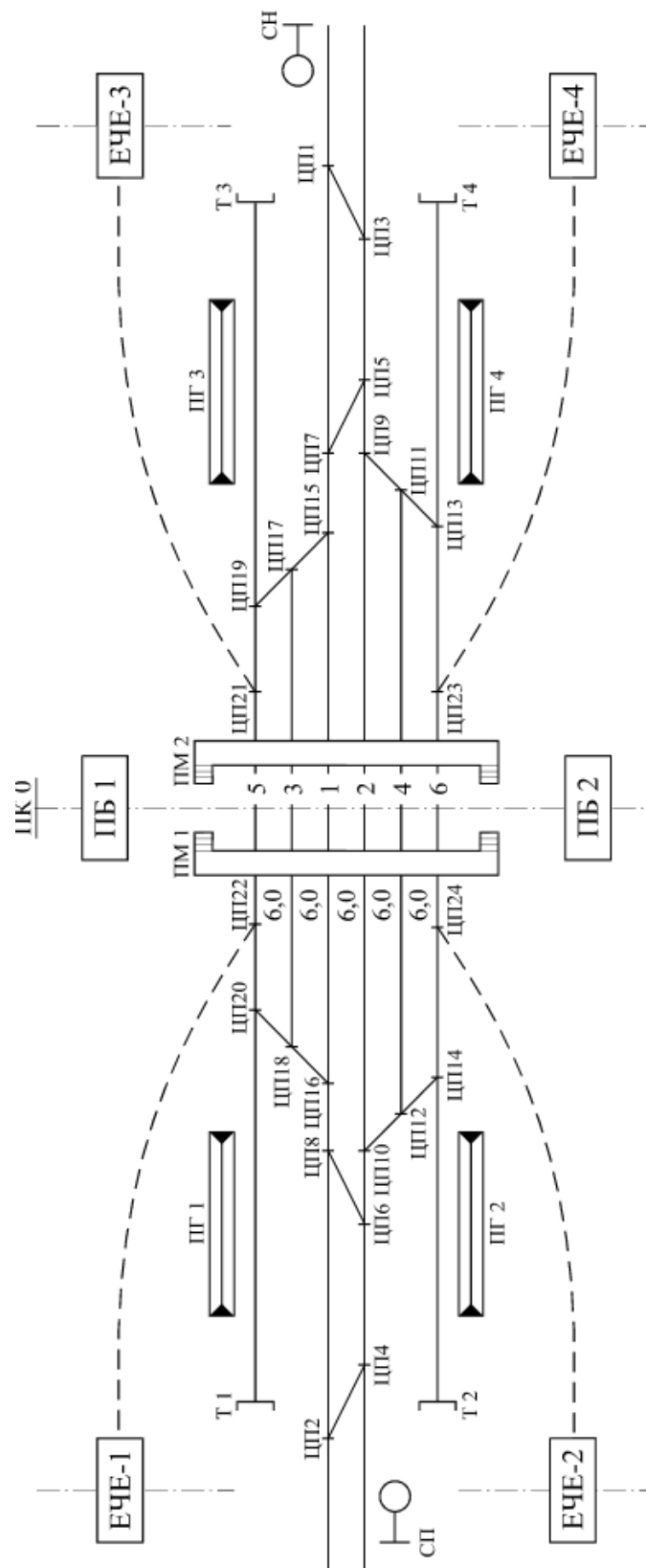


Рис. 1.1.1. Схема станції

2. РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

2.1. Лінійне навантаження від ваги контактної підвіски

$$g_0 = g_H + n(g_K + g_C), \quad (2.1)$$

де g_H – лінійне навантаження від ваги несучого тросу, даН/м;

n – кількість контактних проводів;

g_K – лінійне навантаження від ваги контактного проводу, даН/м;

g_C – лінійне навантаження від ваги струн, $g_C = 0,1$ даН/м.

2.2. Лінійне навантаження від ваги ожеледі на несучому тросі

$$g_{HT} = 2,77 \cdot b_T (d_H + b_T) \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де b_T – розрахункова товщина стінки ожеледі, мм;

d_H – розрахунковий діаметр несучого тросу, мм.

2.3. Лінійне навантаження від ваги ожеледі на контактному проводі

$$g_{KT} = 2,77 \cdot \frac{b_T}{2} \left(d_K + \frac{b_T}{2} \right) \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

де d_K – умовний діаметр контактного проводу, мм;

$$d_K = \frac{A + H}{2}, \quad (2.4)$$

де A – ширина перерізу контактного проводу, мм;

H – висота перерізу контактного проводу, мм.

2.4. Лінійне навантаження від ваги контактної підвіски з ожеледдю

$$g_0 + g_T = g_0 + g_{HT} + n \cdot g_{KT}. \quad (2.5)$$

2.5. Лінійне навантаження від дії вітру максимальної інтенсивності на несучий трос

$$p_{HV} = 0,615 \cdot C_X \cdot V_{\max}^2 \cdot d_H \cdot 10^{-4}, \quad (2.6)$$

де C_X – аеродинамічний коефіцієнт лобового опору, $C_X = 1,25$;

$V_{\max}$ – розрахункова максимальна швидкість вітру, м/с.

2.6. Лінійне навантаження від дії вітру максимальної інтенсивності на контактний провід

$$p_{KV} = 0,615 \cdot C_X \cdot V_{\max}^2 \cdot H \cdot 10^{-4}, \quad (2.7)$$

де $C_X = 1,25$ (для одинарних контактних проводів); $C_X = 1,55$ (для подвійних контактних проводів).

2.7. Лінійне результуюче навантаження на несучий трос при максимальному вітрі

$$q_{HV} = \sqrt{g_0^2 + p_{HV}^2} \cdot \quad (2.8)$$

2.8. Лінійне навантаження від дії вітру на несучий трос, що вкритий ожеледдю

$$p_{HG} = 0,615 \cdot C_x \cdot V_G^2 (d_H + 2b_G) \cdot 10^{-4}, \quad (2.9)$$

де V_G – розрахункова швидкість вітру при ожеледі, м/с.

2.9. Лінійне навантаження від дії вітру на контактний провід, що вкритий ожеледдю

$$p_{KG} = 0,615 \cdot C_x \cdot V_G^2 (H + b_G) \cdot 10^{-4}. \quad (2.10)$$

2.10. Лінійне результуюче навантаження на несучий трос від дії вітру при ожеледі

$$q_{HG} = \sqrt{(g_0 + g_G)^2 + p_{HG}^2} \cdot \quad (2.11)$$

Результати виконаних розрахунків зводяться до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Розрахункові навантаження

Колія	Лінійне навантаження, даН/м											
	g_H	g_K	g_0	g_{HG}	g_{KG}	$g_0 + g_G$	p_{HV}	p_{KV}	q_{HV}	p_{HG}	p_{KG}	q_{HG}
Головна												
Бічна												

3. ДОПУСТИМІ ДОВЖИНИ ПРОГОНІВ

3.1. Без врахування впливу несучого тросу

$$\ell_{\max} = 2 \sqrt{\frac{n K}{p_{KV}} \left[b_{\text{кдоп}} - \gamma_K + \sqrt{(b_{\text{кдоп}} - \gamma_K)^2 - a^2} \right]}, \quad (3.1)$$

де K – натяг контактного проводу, даН;

$b_{\text{кдоп}}$ – максимально допустиме вітрове відхилення контактного проводу,

$b_{\text{кдоп}} = 0,5$ м;

a – зигзаг контактного проводу, $a = 0,3$ м;

γ_K – прогин опори під дією вітру максимальної швидкості на рівні кріплення контактного проводу, м (табл. 3.2).

3.2. Еквівалентне навантаження

$$p_e = \frac{p_{KV} T_V - p_{HV} K n - \frac{8 T_V K n \left(\frac{h_1 p_{HV}}{q_{HV}} + \gamma_H - \gamma_K \right)}{\ell_{\max}^2}}{T_V + K n + \frac{10,6 e_{\text{ср}} T_V K}{g_K \ell_{\max}^2}}, \quad (3.2)$$

де T_V – натяг несучого тросу при максимальній швидкості вітру, даН.

$$T_V = \Psi T_{\max}, \quad (3.3)$$

де $T_{\max}$ – максимально допустимий натяг несучого тросу, даН (табл. 3.5);

Ψ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу троса, $\Psi = 0,7$ (для тросів марки М); $\Psi = 0,75$ (для тросів марки ПБСМ);

h_1 – довжина гірлянди підвісних ізоляторів, м (табл. 3.3);

γ_H – прогин опори під дією вітру максимальної швидкості на рівні кріплення несучого тросу, м (табл. 3.2);

$e_{\text{ср}}$ – середня довжина струн у середній частині прогону, м;

$$e_{\text{ср}} = h_0 - \frac{0,115 g_0 \ell_{\max}^2}{T_0}, \quad (3.4)$$

де h_0 – конструктивна висота ланцюгової підвіски, м (табл. 3.4);

T_0 – натяг несучого тросу, при якому відсутній прогин контактний проводу, $T_0 = 0,8 T_{\max}$.

Якщо $e_{\text{ср}} \leq 1$ м, то

$$e_{\text{ср}} = e_{\min} + \frac{g_0 \ell_{\max}^2}{96 T_0}, \quad (3.5)$$

де $e_{\min}$ – мінімальна довжина струни в прогоні, $e_{\min} = 0,8$ м.

3.3. З врахуванням впливу несучого тросу

$$\ell'_{\max} = 2 \sqrt{\frac{nK}{p_{kv} - p_e} \left[b_{\text{кдоп}} - \gamma_k + \sqrt{(b_{\text{кдоп}} - \gamma_k)^2 - a^2} \right]}. \quad (3.6)$$

Результати виконаних розрахунків зводяться до табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Визначення допустимих довжин прогонів

Колія	Довжини прогонів, м			
	$p_e = 0$	$p_e \neq 0$	$p'_e \neq 0$	Прийнято для трасування
Головна				
Бічна				

Примітка. При визначенні $\ell_{\max}$ необхідно користуватись методом послідовних наближень. Значення p_e уточняється до тих пір, поки різниця довжин прогонів, визначених без врахування та з врахуванням впливу несучого тросу не стане менше ніж 5 м. Прогони довжиною більше ніж 70 м не проєктують.

Основні дані для розрахунків

Таблиця 3.2

$V_{\max}$, м/с	до 25	30	35	40
γ_k , м/с	0,01	0,015	0,022	0,03
γ_H , м/с	0,015	0,022	0,03	0,04

Таблиця 3.3

Кількість ізоляторів у гірлянді	2	3
h_l , м	0,42	0,55

Таблиця 3.4

n	1	2
h_0 , м	1,6...1,8	2,0...2,2

Таблиця 3.5

Натяг	Значення натягу, даН				
	МФ-100	МФ-85	М-95	ПБСМ-70	М-120, ПБСМ-95
Номінальний	1000	850	1450	1500	1800
Максимальний	—	—	1600	1600	2000

4. МЕХАНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК АНКЕРНОЇ ДІЛЯНКИ №1

4.1. Довжина еквівалентного прогону

$$\ell_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ell_i^3}{\ell_a}}, \quad (4.1)$$

де ℓ_i – довжина i -го прогону, м;

ℓ_a – довжина анкерної ділянки, м.

4.2. Розрахунковий режим

$$\ell_{кр} = T_{\max} \sqrt{\frac{24\alpha (t_{\Gamma} - t_{\min})}{q_{\text{нГ}}^2 - g_0^2}}, \quad (4.2)$$

де α – коефіцієнт температурного лінійного розширення матеріалу тросу (табл. 4.5), $1/^\circ\text{C}$.

Якщо $\ell_{кр} > \ell_e$, то розрахунковим буде режим мінімальної температури, в протилежному випадку – режим найбільшого додаткового навантаження (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Розрахунковий режим	$[t_{\min}]$	$[q_{\max}]$	
		$[q_{\text{нГ}}]$	$[q_{\text{нВ}}]$
$t_{\text{реж}}$	$t_{\min}$	t_{Γ}	$t_{\text{В}}$
$q_{\text{реж}}$	g_0	$q_{\text{нГ}}$	$q_{\text{нВ}}$

4.3. Натяг навантаженого несучого тросу

$$t_x = A + \frac{B}{T_x^2} - \frac{T_x}{\alpha ES}; \quad (4.3)$$

$$A = t_{\text{реж}} - \frac{q_{\text{реж}}^2 \ell_e^2}{24\alpha T_{\max}^2} + \frac{T_{\max}}{\alpha ES}; \quad (4.4)$$

$$B = \frac{g_0^2 \ell_e^2}{24\alpha}, \quad (4.5)$$

де αES – добуток коефіцієнта температурного лінійного розширення матеріалу троса, модуля пружності Юнга та площі поперечного перерізу (табл. 4.5), $\text{даН}/^\circ\text{C}$.

Результати виконаних розрахунків зводяться до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

T_x , даН	$T_{\max}$	$T_{\max} - \Delta T$	...	
t_x , °С				$t_x > t_{\max}$

Примітка. Крок розрахунку натягу проводу ΔT рекомендується прийняти рівним 200 даН.

4.4. Температура, при якій контактний провід не має стріли прогину

$$t_0 = t_{\text{сер}} - \Delta t; \quad (4.6)$$

$$t_{\text{сер}} = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}, \quad (4.7)$$

де $\Delta t = 10 \dots 15$ °С (для одного контактного проводу); $\Delta t = 5 \dots 10$ °С (для двох контактних проводів).

4.5. Натяг несучого троса, при якому відсутній прогин контактного проводу

$$t_0 = A + \frac{B}{T_0^2} - \frac{T_0}{\alpha ES}. \quad (4.8)$$

4.6. Натяг несучого троса при ожеледі з вітром

$$t_r = A + \frac{B_r}{T_r^2} - \frac{T_r}{\alpha ES}; \quad (4.9)$$

$$B_r = \frac{q_{\text{нр}}^2 \ell_e^2}{24\alpha}. \quad (4.10)$$

4.7. Натяг несучого троса при максимальній швидкості вітру

$$t_v = A + \frac{B_v}{T_v^2} - \frac{T_v}{\alpha ES}; \quad (4.11)$$

$$B_v = \frac{q_{\text{нв}}^2 \ell_e^2}{24\alpha}. \quad (4.12)$$

4.8. Стріла прогину контактного проводу, м

$$f_{xi} = \frac{g_0 (\ell_{\Pi} - 2e_{\Pi})^2}{8(T_x + nK)} \left(1 - \frac{T_x}{T_0} \right), \quad (4.13)$$

де e_{Π} – відстань від осі опори до опорної струни в прогоні ℓ_{Π} (табл. 4.3), м;

ℓ_{Π} – прогін, в якому розташовується пішохідний місток, м.

Таблиця 4.3

Конструктивні параметри ланцюгової ресорної підвіски

ℓ , м		40	50	60	70
e , м		6	8	10	10
b , м	1 кп	0,3	0,35	0,4	0,45
	2 кп	0,5	0,6	0,65	0,7

4.9. Стріла прогину навантаженого несучого троса

$$F_{x\Pi} = \frac{1}{T_x} \left(\frac{g_0 \ell_{\Pi}^2}{8} + b_{\Pi} H - f_{x\Pi} K n \right), \quad (4.14)$$

де b_{Π} – відстань між несучим та ресорним тросом по осі опори в прогоні ℓ_{Π} , м;

H – натяг ресорного троса, $H = 150$ даН.

4.10. Натяг ненавантаженого несучого троса

$$t_x = A + \frac{B_p}{T_{px}^2} - \frac{T_{px}}{\alpha ES}; \quad (4.15)$$

$$B_{\delta} = \frac{g_1^2 \ell_e^2}{24 \alpha}. \quad (4.16)$$

4.11. Стріла прогину ненавантаженого несучого троса

$$F_{px\Pi} = \frac{g_n \ell_{\Pi}^2}{8 T_{px}}. \quad (4.17)$$

Результати виконаних розрахунків зводяться до табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Монтажна таблиця

t_x , °C	$t_{\min}$	$t_{\min} + \Delta t$	...	t_0	...	$t_{\max}$
T_x , даН						
$f_{x\Pi}$, мм						
$F_{x\Pi}$, м						
T_{px} , даН						
$F_{px\Pi}$, м						

Примітка. Крок зміни температури Δt рекомендується приймати рівним 5, 10 °C.

Таблиця 4.5

Основні дані для розрахунків

Трос	$24\alpha \cdot 10^6, 1/^\circ\text{C}$	$\frac{1}{24\alpha}, ^\circ\text{C}$	$\alpha ES, \text{ даН/}^\circ\text{C}$
М-95	408	2451	20,37
М-120	408	2451	25,36
ПБСМ-70	319	3135	16,48
ПБСМ-95	319	3135	21,29

5. ПРОХІД КОНТАКТНОЇ ПІДВІСКИ ПІД ПІШОХІДНИМ МІСТКОМ

Обраний спосіб проходу контактної підвіски під пішохідним містком повинен забезпечувати рух поїздів зі встановленими швидкостями та дотримування встановлених відстаней до контактної мережі.

Розрахункова схема представлена на рис. 5.1.

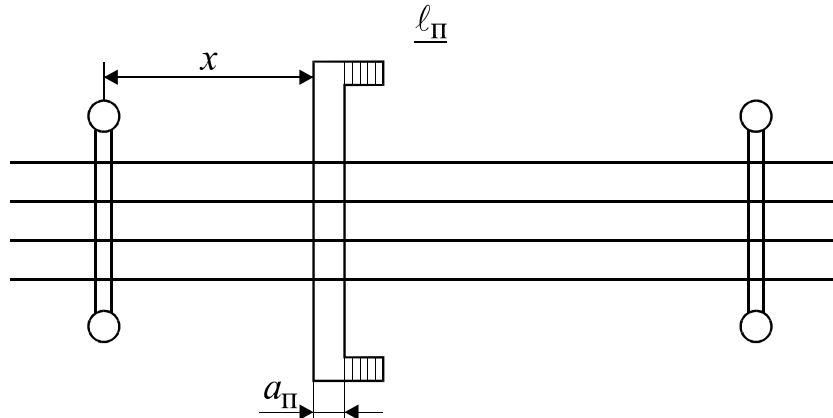


Рис. 5.1. Розрахункова схема розташування пішохідного містка у прогоні

Під пішохідними містками та іншими штучними спорудами незначної ширини, довжина яких уздовж колії менша за струновий прогін (8-12 м), у залежності від відстані між нижнім краєм штучної споруди і головками рейок, прохід контактної підвіски може бути здійснено одним із вказаних нижче способів.

5.1. Пропуск контактної підвіски без відбійника для несучого троса (рис. 5.2)

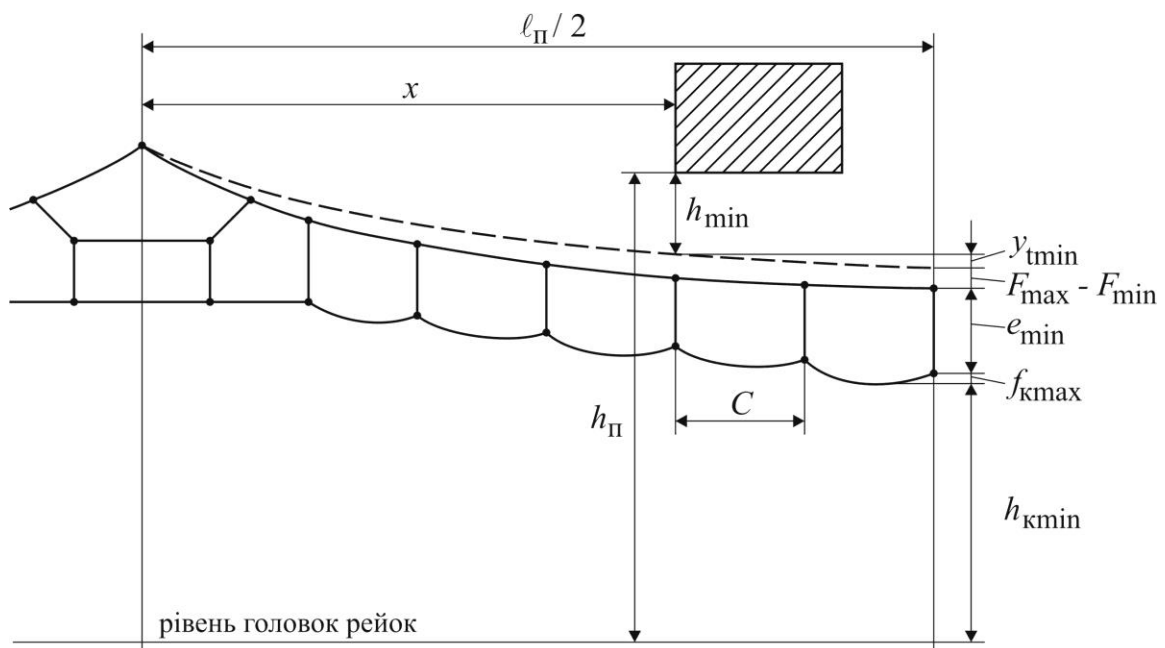


Рис. 5.2. Розрахункова схема пропуску контактної підвіски без відбійника для несучого троса

$$h_{\Pi} \geq h_{\text{к min}} + f_{\text{к max}} + e_{\text{min}} + F_{\text{max}} - F_{\text{min}} + y_{\text{t min}} + h_{\text{min}} + \Delta h_{\text{T}}, \quad (5.1)$$

де h_{Π} – відстань від головок рейок до нижнього краю пішохідного містка, м;

$h_{\text{к min}}$ – мінімально допустима висота контактного проводу над рівнем головок рейок, $h_{\text{к min}} = 5,75$ м;

$f_{\text{к max}}$ – найбільша місцева стріла прогину компенсованого контактного проводу, м;

$$f_{\text{к max}} = \frac{g_{\text{к}} C^2}{8 K}, \quad (5.2)$$

де C – довжина струнового прогону, м;

$$C = \frac{\ell_{\Pi} - 2e_{\Pi}}{m}, \quad (5.3)$$

де m – кількість струнових прогонів, приймається так, щоб виконувалась умова $C \leq 12$ м (для одного контактного проводу) та $C \leq 8$ м (для двох контактних проводів);

K – номінальний натяг контактного проводу, даН;

e_{min} – мінімальна відстань між несучим тросом і контактним проводом в середині прогону, $e_{\text{min}} = 0,8$ м;

$F_{\text{max}}, F_{\text{min}}$ – відповідно максимальна і мінімальна стріли прогину несучого троса (табл. 4.4), м;

$y_{\text{t min}}$ – піднімання несучого троса на відстані $\frac{\ell_{\Pi}}{2} - x$ від середини прогону при мінімальній температурі, м;

$$y_{\text{t min}} = \frac{g_0 \left(\ell_{\Pi}^2 - 4 \ell_{\Pi} x + 4 x^2 \right)}{8 T_{\text{t min}}}, \quad (5.4)$$

де $T_{\text{t min}}$ – натяг несучого троса при мінімальній температурі, даН;

x – відстань від пішохідного містка до найближчої опори, м (рис. 5.1);

h_{min} – мінімально допустима відстань від заземлених частин до частин, що знаходяться під напругою, м (табл. 5.1);

Δh_{T} – піднімання несучого троса під впливом струмоприймача при мінімальній температурі, $\Delta h_{\text{T}} = 0,15$ м.

Якщо умова (7.1) не виконується, то необхідно встановити відбійник для несучого троса.

5.2. Пропуск контактної підвіски з установленням відбійника для несучого троса

$$h_{\Pi} \geq h_{\text{к min}} + f_{\text{к max}} + e_{\text{min}} + F_{\text{max}} - F_{\text{min}} + y_{\text{t min}} + h_{\text{от}}, \quad (5.5)$$

де $h_{\text{от}}$ – висота відбійника, м, при чому $h_{\text{от}} \geq h_{\text{min}}$.

Якщо і умова (5.5) не виконується, то необхідно в несучий трос включити ізолювану штангу та встановити відбійник для контактної підвіски (рис. 5.3).

5.3. Пропуск контактної підвіски з включенням в несучий трос ізолюваної штанги та встановленням відбійника для контактної підвіски

$$h_{\Pi} \geq h_{k \min} + f_{k \max} + h_{\min} + h_{\text{ок}}, \quad (5.6)$$

де $h_{\text{ок}}$ – допустима відстань від контактної підвіски до відбійника, м.

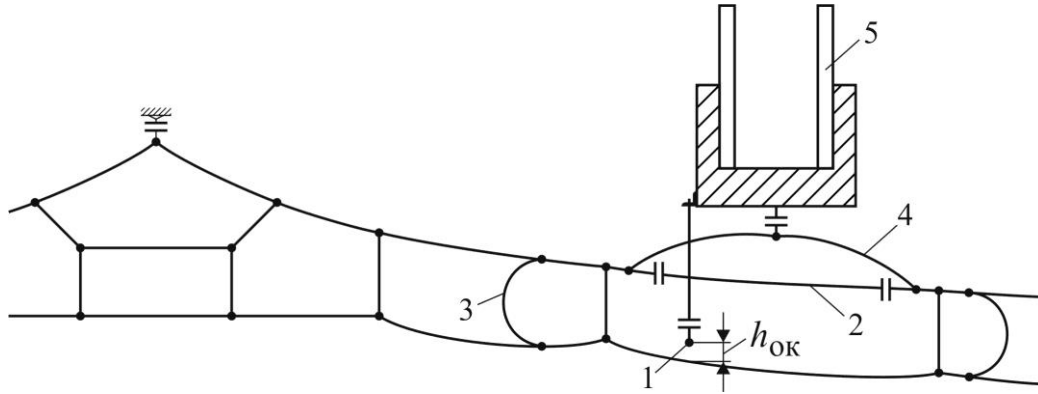


Рис. 5.3. Схема проходження контактної підвіски

під пішохідним містком із включенням в несучий трос ізолюваної штанги:

1 – відбійник для контактної підвіски; 2 – ізолювана штанга; 3 – поперечний електричний з'єднувач; 4 – обвідний електричний з'єднувач; 5 – щит огороження

У пояснювальній записці до курсового проекту необхідно навести обраний спосіб проходження контактної підвіски під пішохідним містком з позначенням основних розмірів контактної підвіски.

Таблиця 5.1

Основні дані для розрахунків

Напруга в контактній мережі, кВ	$h_{\min}$, м	Кількість контактних проводів	$h_{\text{ок}}$, м
1,5 – 4	0,2	2	0,07
		1	0,1
25	0,35	1	0,1

6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТИПОВИХ ОПОР

6.1. Розрахунок та підбір проміжної опори

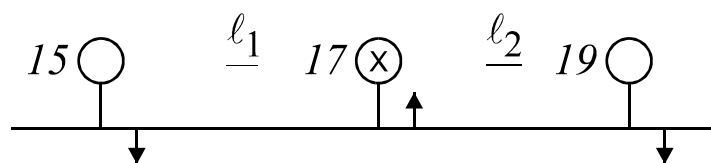


Рис. 6.1. Вибір розрахункової опори

Розрахункова схема опори № 17 представлена на рис. 6.2.

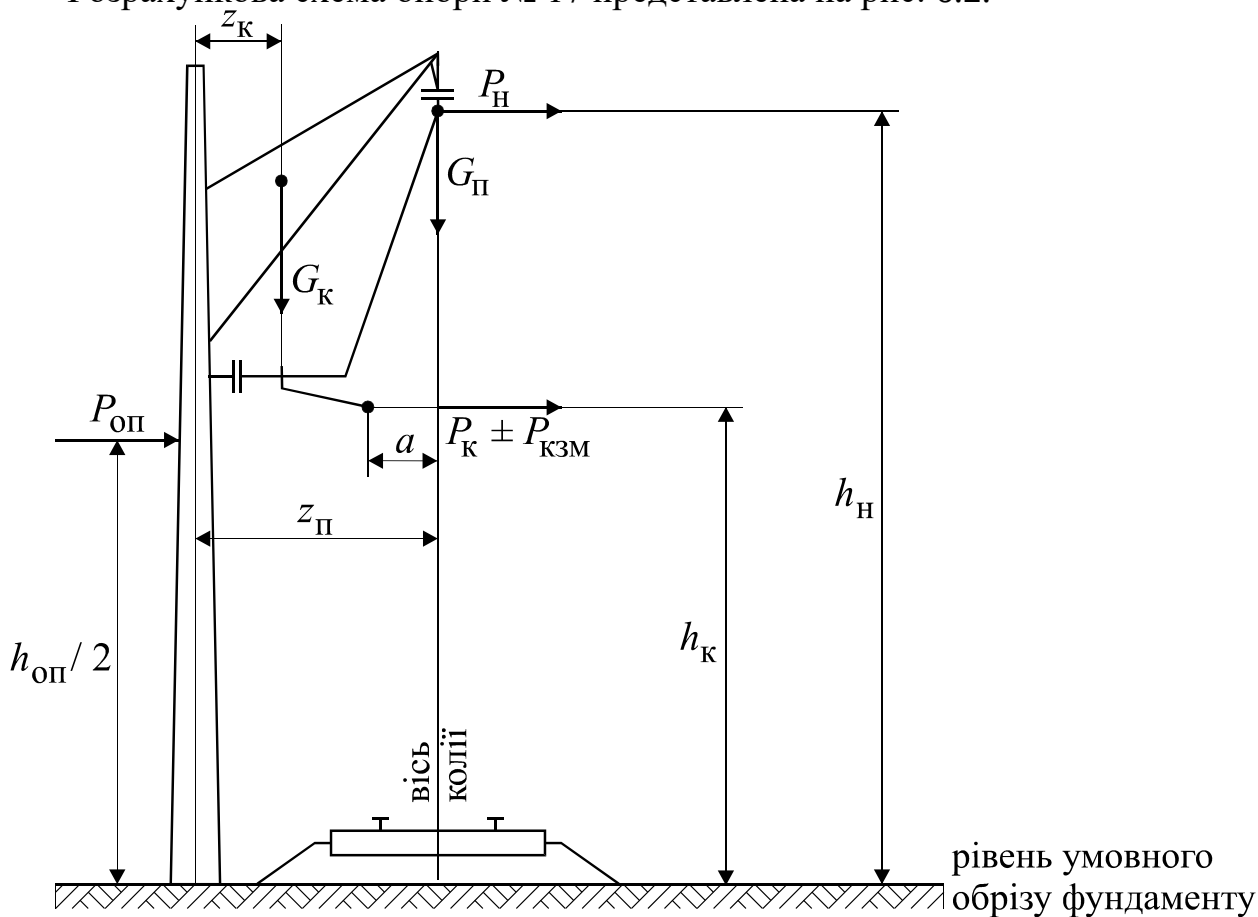


Рис. 6.2. Розрахункова схема проміжної опори

Нормативний згинаючий момент відносно рівня умовного обрізу фундаменту визначається для режимів ожеледі з вітром і максимального вітру.

За найбільшим зі згинаючих моментів вибирають типову опору СС-136.6 із відповідним номером стійок по табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Основні дані типових залізобетонних стійок

Типорозмір стійок	Номера стійок	Нормативний згинаючий момент, кН·м	Довжина стійок, мм	Діаметр стійок, мм	Товщина стінки, мм
-------------------	---------------	------------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------

СС-136.6	2	59	13600	$\frac{492}{432}$	60
	3	79			

Примітка. У чисельнику наведено діаметр на рівні основи стійок змішаного армування, у знаменнику – на рівні умовного обрізу фундаменту; діаметр стійки на рівні вершини – 290 мм.

6.1.1. Режим ожеледі з вітром

$$M_{ог} = P_{опг} \frac{h_{оп}}{2} + G_{кг} z_k + G_{пг} z_{пг} + P_{нг} h_{н} + (P_{кг} \pm P_{кзм}), \quad (6.1)$$

де $P_{опг}$ – навантаження на опору від вітру при ожеледі, даН;

$$P_{опг} = S_{оп} C_x \frac{V_{г}^2}{16}, \quad (6.2)$$

де C_x – аеродинамічний коефіцієнт лобового опору, $C_x = 0,7$;

$S_{оп}$ – площа поперечного перерізу опори, м²;

$$S_{оп} = \frac{d_1 + d_2}{2} h_{оп}, \quad (6.3)$$

де d_1, d_2 – діаметри опори відповідно у вершині та на рівні умовного обрізу фундаменту, $d_1 = 0,29$ м; $d_2 = 0,432$ м;

$h_{оп}$ – висота опори, $h_{оп} = 9,6$ м;

$z_k, z_{пг}$ – відстані від осі опори до точки прикладання вертикального навантаження, $z_k = 1,8$ м; $z_{пг} = 3,3$ м;

$h_k, h_{н}$ – висоти точок прикладання горизонтальних навантажень відносно рівня умовного обрізу фундаменту, $h_k = 7$ м; $h_{н} = 9$ м;

$G_{пг}$ – навантаження від ваги проводів ланцюгової підвіски з ожеледдю, ізоляторів, арматури та частини ваги фіксаторів, що передається на консоль, даН;

$$G_{пг} = (g_0 + g_{г}) \frac{\ell_1 + \ell_2}{2} + G_1 + G_{ф}, \quad (6.4)$$

де G_1 – навантаження від ваги гірлянди ізоляторів з арматурою, даН;

$G_{ф}$ – частина ваги фіксаторів, що передається на консоль,

$G_1 + G_{ф} = 30$ даН;

$G_{кг}$ – навантаження від ваги консолі з ожеледдю, $G_{кг} = 100$ даН;

$P_{нг}$ – навантаження від вітру при ожеледі на несучий трос, даН;

$$P_{нг} = p_{нг} \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}, \quad (6.5)$$

де ℓ_1, ℓ_2 – довжини суміжних прогонів, м (рис. 6.1).

$P_{кг}$ – навантаження від вітру при ожеледі на контактний провід, даН;

$$P_{\text{кг}} = p_{\text{кг}} \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}; \quad (6.6)$$

$P_{\text{кзм}}$ – зусилля зміни напрямку контактних проводів від зигзагів, даН;

$$P_{\text{еґі}} = 2nKa \left(\frac{1}{\ell_1} + \frac{1}{\ell_2} \right). \quad (6.7)$$

Знак «+» у формулі (6.1) при $P_{\text{кзм}}$ ставиться для від'ємного зигзагу, знак «-» – для додатного.

6.1.2. Режим максимального вітру

$$M_{\text{ов}} = P_{\text{опв}} \frac{h_{\text{оп}}}{2} + G_{\text{кв}} z_{\text{к}} + G_{\text{пв}} z_{\text{п}} + P_{\text{нв}} h_{\text{н}} + (P_{\text{кв}} \pm P_{\text{кзм}}) h_{\text{к}}, \quad (6.8)$$

де $P_{\text{опв}}$ – навантаження від максимального вітру на опору, даН;

$$P_{\text{опв}} = S_{\text{оп}} C_x \frac{V_{\text{max}}^2}{16}; \quad (6.9)$$

$G_{\text{пв}}$ – навантаження від ваги проводів ланцюгової підвіски з ізоляторами, арматурою и частини ваги фіксатора, що передається на консоль, даН;

$$G_{\text{нв}} = g_0 \frac{\ell_1 + \ell_2}{2} + G_{\text{і}} + G_{\text{ф}}; \quad (6.10)$$

$G_{\text{кв}}$ – навантаження від ваги консолі, $G_{\text{кв}} = 60$ даН;

$P_{\text{нв}}$ – навантаження від максимального вітру на несучий трос, даН;

$$P_{\text{нв}} = p_{\text{нв}} \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}; \quad (6.11)$$

$P_{\text{кв}}$ – навантаження від максимального вітру на контактний провід, даН;

$$P_{\text{кв}} = p_{\text{кв}} \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}. \quad (6.12)$$

6.2. Підбір типових опор

Без виконання розрахунків можна вибирати стійки для наступних типів опор:

- фіксуючі, проміжні, перехідні – СС-136.6-2;
- анкерні – СС-136.6-3.

Стійки жорстких поперечин можна вибирати при перекритті:

- 2–5 колій – СС-136.6-2;
- 6–8 колій – 2СС-136.6-2 (подвійні стійки).

7. ЖИВЛЕННЯ ТА СЕКЦІОНУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Живлення контактної мережі

Живлення контактної мережі, крім тупикових ліній, повинно бути двостороннім. При цьому необхідно передбачити живлення контактної мережі кожної головної колії станції окремим фідером.

На електрифікованих ділянках змінного струму для зменшення нерівномірного завантаження фаз енергосистеми живлення суміжних міжпідстанційних зон тягової підстанції здійснюють від різних фаз. Секції контактної мережі, одержуючи живлення від різних фаз, розділюють двома ізолюючими спряженнями з нейтральною вставкою між ними (рис. 7.1), що унеможливорює одночасне закорочування їх полозами струмоприймачів.

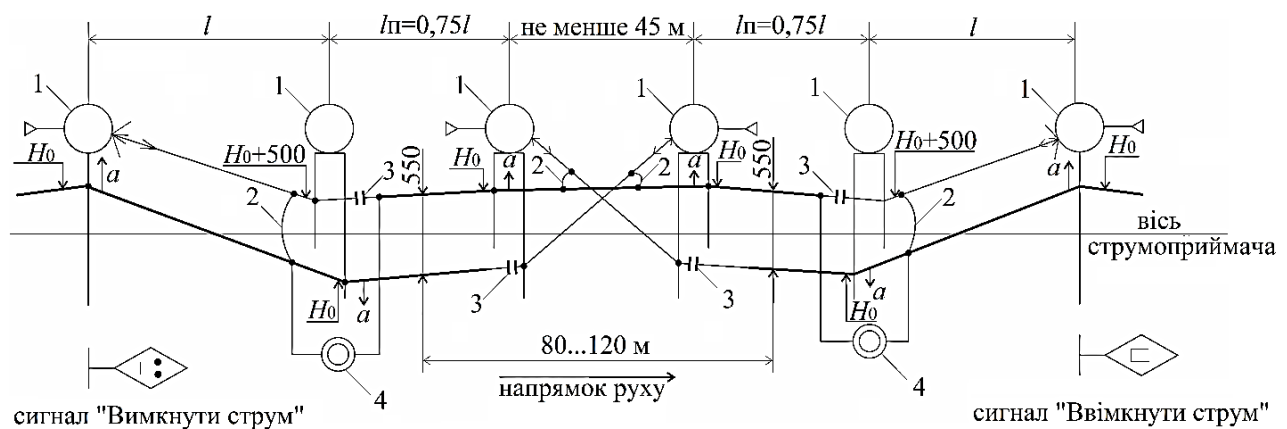


Рисунок 7.1 Схема ізолюючого спряження з нейтральною вставкою для електровозної тяги: 1 – опора; 2 – електричний з'єднувач; 3 – врізні ізолятори; 4 – роз'єднувач з електричним приводом; a – зигзаг; H_0 – відстань від головки рейки до контактного проводу, яка приймається при проектуванні; l – довжина прольоту, яка приймається при проектуванні; l_p – довжина перехідного прольоту

При паралельній роботі підстанцій, тобто при схемі двостороннього живлення, електрорухомий склад, розташований на ділянці між підстанціями, отримує живлення одночасно від двох підстанцій від однієї фази.

Секціонування контактної мережі

Для підвищення надійності роботи та зручності обслуговування контактної мережі її поділяють на секції, електрично ізольовані одна від одної. З'єднання секцій виконується секційними роз'єднувачами. Секціонування необхідне для відключення секцій у випадку пошкодження чи для проведення поточних ремонтних робіт на ділянках контактної мережі зі зняттям напруги та без перерви руху електрорухомого складу на суміжних ділянках.

Секціонування поділяють та повздовжнє та поперечне.

Повздовжнє секціонування передбачає розділення ділянок контактної мережі за допомогою ізолюючих спряжень біля кожної тягової підстанції та поста секціонування. В окремі секції виділяють контактну мережу перегонів, станцій (рис. 7.1, рис. 7.2), тунелів та мостів з їздою понизу, довжиною більше 300 м. На електрифікованих ділянках змінного струму при розташуванні нейтральної вставки за умовами повздовжнього профілю на відстані менше 3 км від останніх стрілок на головних коліях станції не передбачає відділення станції від перегону повітряними проміжками. При відстані більше 3 км станція відділяється від перегону ізолюючим спряженням, яка шунтує нормально включений роз'єднувач з моторним приводом. На рис. 7.1 та рис. 7.2 приводиться поперечне секціонування станційних колій.

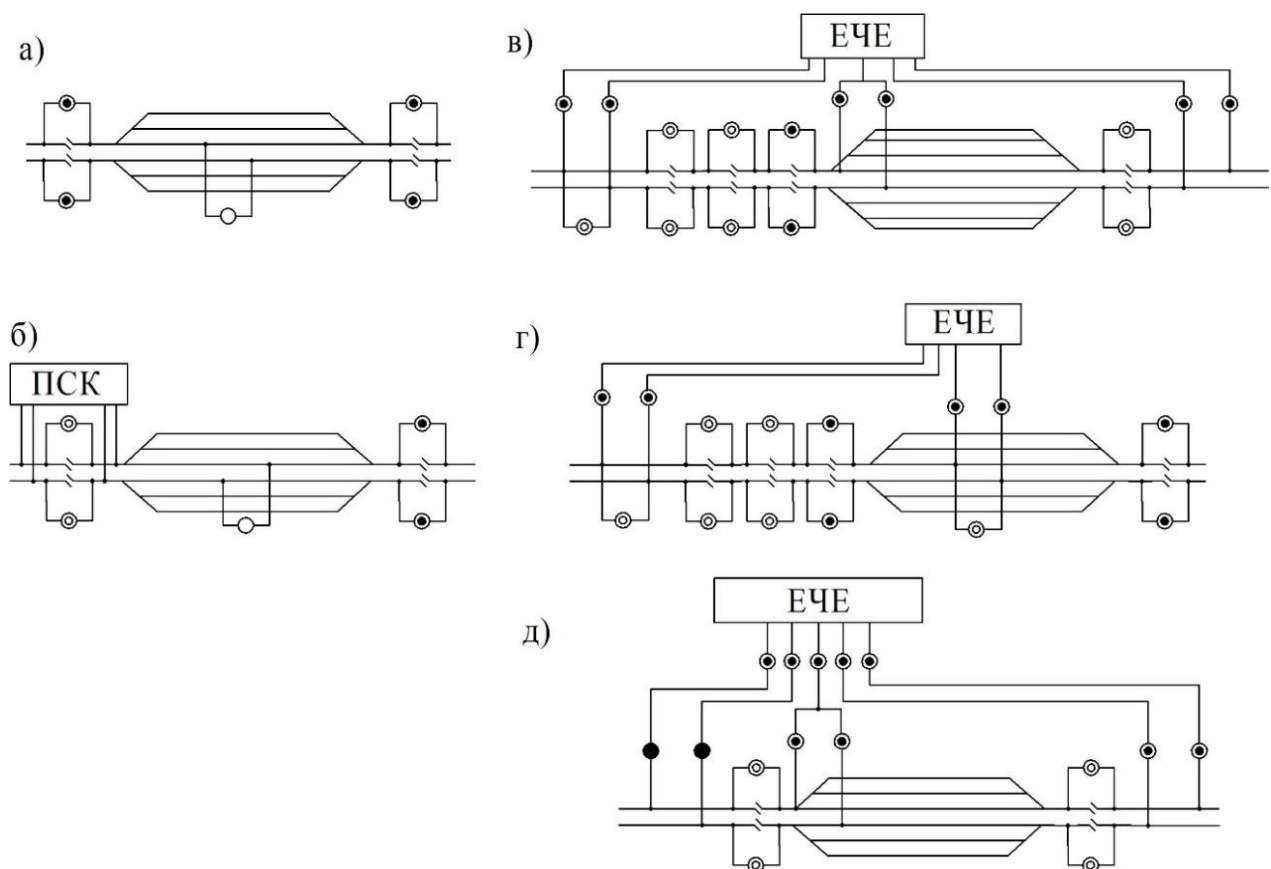


Рис. 7.1 Принципові схеми секціонування станцій на двоколійній ділянці:

- а) станції при електрифікації на змінному струмі та постійному струмі без постів секціонування; б) те ж, але з постами секціонування;
- в) станції з тяговими підстанціями при електрифікації на змінному струмі з числом електрифікованих колій п'ять і більше (окрім головних);
- г) те ж, але з числом електрифікованих колій менше п'яти (окрім головних);
- д) станції з тяговими підстанціями при електрифікації на постійному струмі з будь-яким числом електрифікованих колій

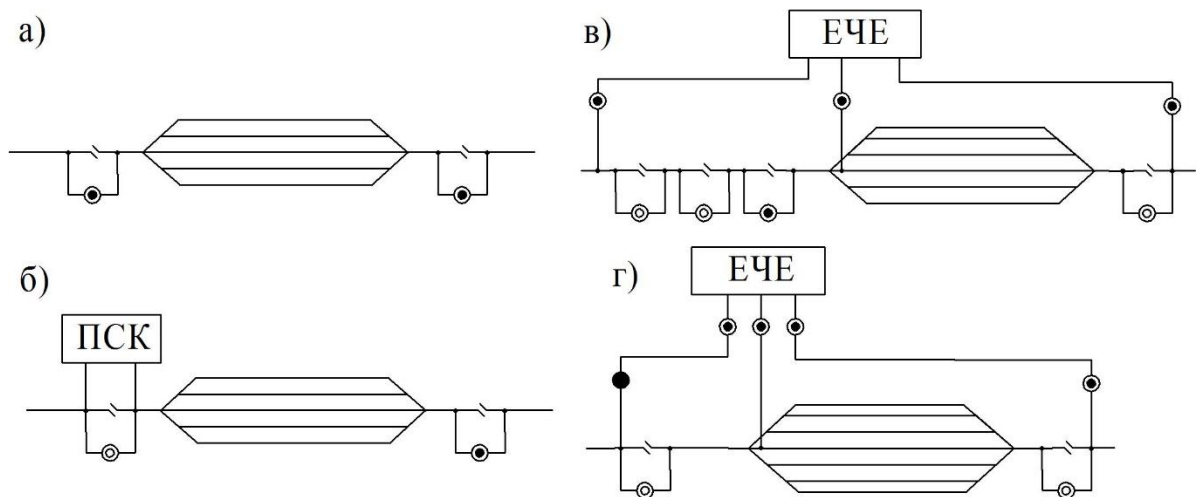


Рис. 7.2 Принципові схеми секціонування станцій на одноколійних ділянках:
а) станції при електрифікації на змінному та постійному струмі без постів секціонування; б) те ж з постами секціонування; в) станції з тяговими підстанціями при електрифікації на змінному струмі; г) те ж при електрифікації на постійному струмі

Поперечне секціонування передбачає розділення ділянок контактної мережі кожної головної колії на станції, перегонах, роз'їздах та обгінних пунктах. Воно здійснюється за допомогою секційних ізоляторів.

З врахуванням технології робіт на залізничній станції в окремі секції виділяють контактну мережу: електродепо; парків; груп колій (не більше п'яти); колій, на яких проводяться навантажувально-розвантажувальні роботи, заповнення цистерн, миття рухомого складу, огляд дахового обладнання, заправлення водою пасажирських поїздів, відстій та екіпіровка електрорухомого складу. Подача напруги на ці секції контактної мережі забезпечується секціонуванням роз'єднувачами з заземленими контактами (ножами), при відключенні яких одночасно заземлюються відключені ділянки контактної мережі. Такі роз'єднувачі позначають буквою З, а в випадку необхідності, до буквеного позначення додається індекс. Використання секційних роз'єднувачів з заземлюючими ножами дозволяє забезпечити безпеку обслуговуючого персоналу при попаданні напруги на контактну підвіску, поблизу якої виконуються роботи, які відповідають призначенню даної колії.

Подача напруги на секцію контактної мережі навантажувально-розвантажувальних колій здійснюється нормально відключеними секційними роз'єднувачами з заземлюючими ножами, а на секцію контактної мережі колій, на яких можливий огляд дахового обладнання електрорухомого складу — нормально-виключеними секційними роз'єднувачами з заземлюючими ножами (рис. 7.3).

До секції контактної мережі головної колії допускається приєднання контактної мережі не більше трьох суміжних станційних колій.

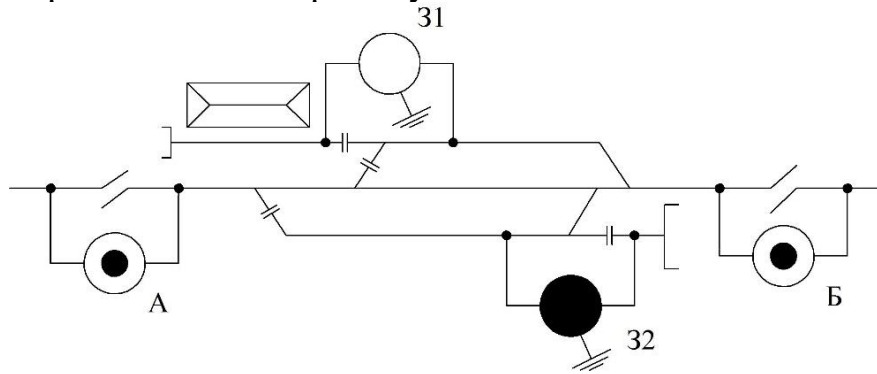


Рис. 7.3 Схема секціонування контактної мережі на станції одноколіїної ділянки

Схеми живлення та секціонування, а також спряження анкерних ділянок повинні передбачати електричну плавку ожеледі чи профілактичний підігрів проводів контактної мережі головних колій станції та перегонів.

У зв'язку з цим, для забезпечення плавки ожеледі на нейтральних вставках електрифікованих ділянок змінного струму встановлюються роз'єднувачі з моторним приводом на обох повітряних проміжках нейтральної вставки. Для рівномірного прогрівання проводів контактної мережі при плавці ожеледі та профілактичному підігріву повинна дотримуватись рівність перерізів контактних підвісок плавних колій станції та прилеглих перегонів (див. рис. 7.3). При наявності на прилеглих перегонах підсилюючих проводів, на станції замість них може бути використана контактна підвіска сусіднього з головною бо-ковою колією.

Контактна підвіска перегонів в місці розташування тягових підстанцій приєднується до тягових підстанцій окремими живлячими лініями (див. рис. 7.1 та рис. 7.2). Для зменшення вартості контактної мережі на двоколіїних та багатоколіїних електрифікованих ділянках змінного струму, якщо кількість електрифікованих колій (окрім головних) не перевищує чотирьох, не передбачаються окремі живлячі лінії для одного з прилягаючих перегонів (див. рис 7.1, г).

Живлячі лінії змінного струму, у всіх випадках, приєднуються до контактної мережі лінійними роз'єднувачами з моторними приводами. На електрифікованих ділянках постійного струму живлячі лінії приєднуються до контактної мережі без встановлення лінійних роз'єднувачів при довжині живлячих ліній менше 150 м. При довжині живлячих ліній менше 750 м встановлюються лінійні роз'єднувачі з ручним приводом, при довжині живлячих ліній більше 750 м – з моторним приводом (див. рис. 7.1, д).

На схемах живлення та секціонування вказується нормальне положення (увімкнене або вимкнене) кожного з роз'єднувачів. Повздовжні роз'єднувачі

позначають першими буквами українського алфавіту (А, Б, В, Г); роз'єднувачі з заземлюючими контактами (ножами), при відключенні яких одночасно заземлюються та відключаються ділянки контактної мережі, позначаються буквою З. Такі заходи забезпечують електробезпеку обслуговуючого персоналу при попаданні напруги в контактну мережу, поблизу якої проводяться роботи. До кожної з вказаних букв, у випадку необхідності, додається цифровий індекс.

На нейтральній вставці по кожній з колій роз'єднувачі позначаються однією буквою (наприклад А, А₁ чи В, В₁). Поперечні роз'єднувачі позначаються буквою П, причому, роз'єднувач між I та II головними коліями позначається П₁, останні з непарними номерами зі сторони I колії та з парними номерами – зі сторони II колії.

Нумерацію роз'єднувачів в живлячих лініях (які позначаються буквою Ф) приймають наступною: на двоколійних ділянках номери 1 та 5 присвоюють, як правило, роз'єднувачам, підключеним до підвісок непарної колії перегону, 2 та 4 – до підвісок парної колії перегону, 3 – роз'єднувачам, підключених до підвісок станційних колій.

Друга цифра в номері фідерного роз'єднувача (наприклад Ф₅₁, Ф₄₂) позначає номер колії, до якої підключається живляча лінія. На одноколійних ділянках номери фідерних роз'єднувачів можуть бути тільки непарними.

Усі роз'єднувачі з моторним приводом, по можливості, повинні мати телеуправління.

Приклад схеми живлення та секціонування контактної мережі на станції, двоколійної ділянки електрифікованої на змінному струмі приведена на рис. 7.4, а для станції одноколійної ділянки електрифікованої на постійному струмі приведена на рис. 7.5.

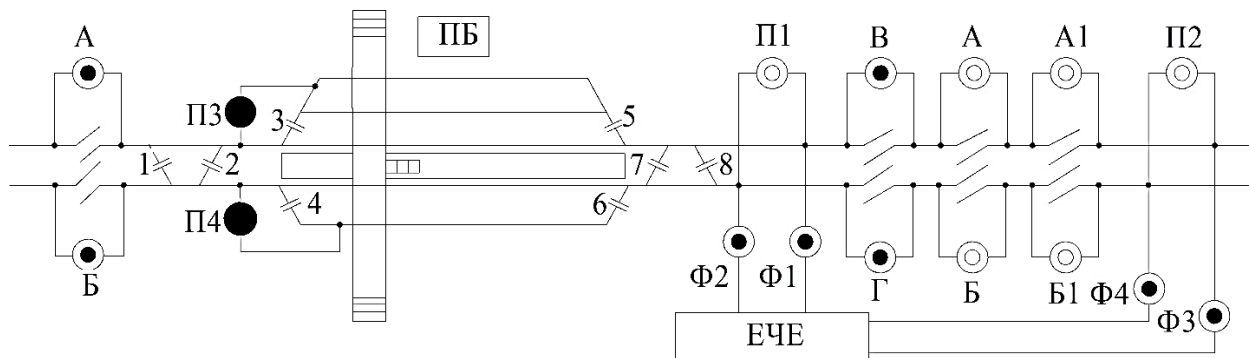


Рисунок 7.4 Схема живлення та секціонування контактної мережі на станції двоколійної ділянки електрифікованої на змінному струмі

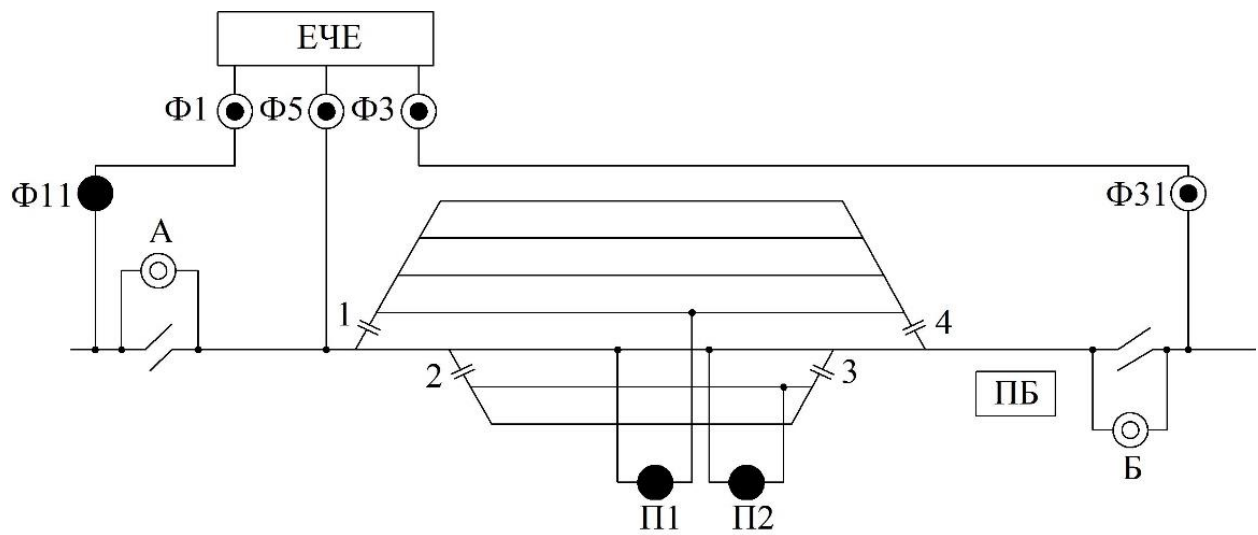


Рисунок 7.5 Схема живлення та секціонування контактної мережі на станції одноколійної ділянки електрифікованої на постійному струмі

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяков В. О., Босий Д. О., Антонов А. В. Контактна мережа електрифікованих залізниць. Улаштування контактної мережі : навч. посіб. Дніпро : Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. 228 с.
2. Kiessling F., Puschmann R., Schmieder A. Contact lines for Electric Railways, Planning, Design and Implementation. Hoboken : Wiley, 2001. 820 p.
3. ЦЕ – 0023. Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць : затверджені Наказом Укрзалізниці від 20.11.2007 р. № 546-Ц. Київ : Укрзалізниця, 2008. 208 с.
4. Далека В. Х., Нем В. К., Скуріхін В. І. Електропостачання електричного транспорту : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2012. 168 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Інтелектуальні системи енергопостачання»

ПРОЄКТ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ НА СТАНЦІЇ

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ЕС ____ .202 _ –ПЗ

Керівник проекту
посада, звання

Розробник
студент гр. ЕС ____

20_ рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Інтелектуальні системи енергопостачання»

Керівник проєкту
посада, звання.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання __.__.202__ р.

студент гр. ЕС _____

(підпис)

Завдання

на курсовий проєкт з дисципліни «Контактна мережа»
студенту групи ЕС _____

Варіант – __

Строк захисту студентом виконаного проєкту __.__.20__ р.

Склад проєкту

№ розд.	Найменування розділу
1.	ВСТУП
2.	ВИХІДНІ ДАНІ
3.	РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ
4.	ДОПУСТИМІ ДОВЖИНИ ПРОГОНІВ
5.	ПЛАН КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ
6.	МЕХАНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК АНКЕРНОЇ ДІЛЯНКИ № 1
7.	ПРОХІД КОНТАКТНОЇ ПІДВІСКИ ПІД ПІШОХІДНИМ МІСТКОМ
8.	РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТИПОВИХ ОПОР
	ЖИВЛЕННЯ ТА СЕКЦІОНУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ
	ВИСНОВКИ
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТОК В ЗМІСТ

ВСТУП	
ВИХІДНІ ДАНІ	
1. РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ	
2. ДОПУСТИМІ ДОВЖИНИ ПРОГОНІВ	
3. ПЛАН КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	
4. МЕХАНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК АНКЕРНОЇ ДІЛЯНКИ № 1	
5. ПРОХІД КОНТАКТНОЇ ПІДВІСКИ ПІД ПІШОХІДНИМ МІСТКОМ	
6. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТИПОВИХ ОПОР	
7. ЖИВЛЕННЯ ТА СЕКЦІОНУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	

					ЕС _____.202_–ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив					ПРОЄКТ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ НА СТАНЦІЇ	Літ.	Лист	Листів
Перевірив								
						УДУНТ, група ____		

1. ВИХІДНІ ДАНІ

Шифр: 00

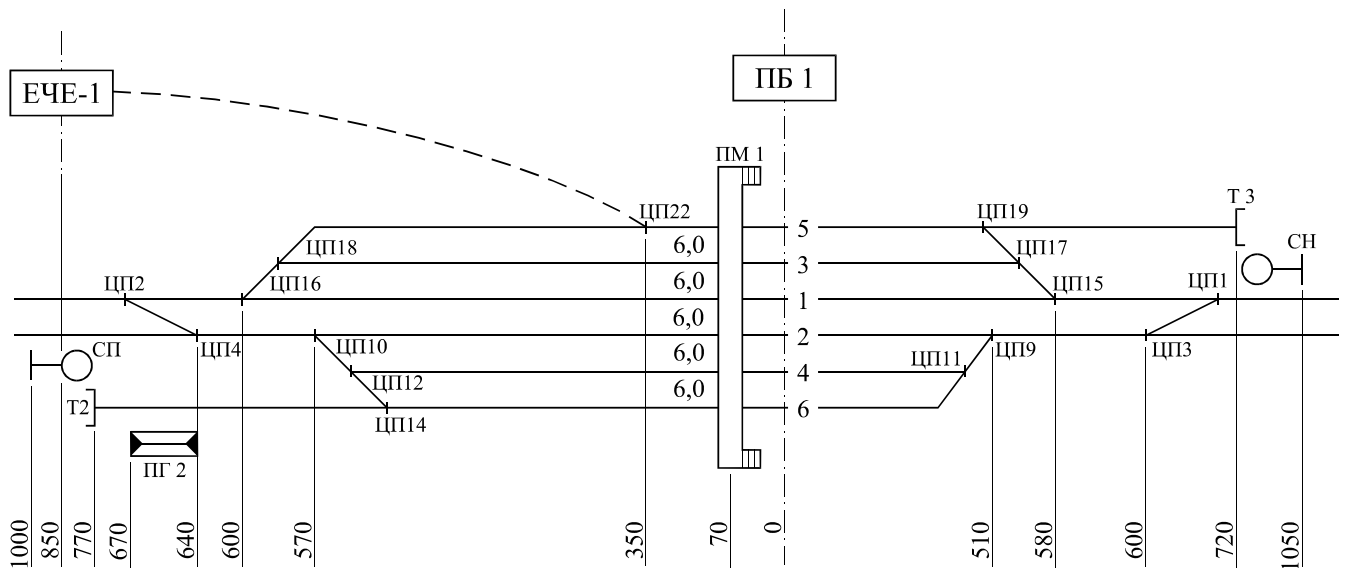
Передостання цифра шифру – 0

Ланцюгова підвіска	Несучий трос	Контактний провід	Конструкція опорного вузла
Головна колія	ПБСМ-70	МФ-100	Ресорні струни
Бічна колія	ПБСМ-70	МФ-85	Опорно-зміщені струни

Рід струму	Висота пішохідного містка над УГР $h_{п}$, м	Ширина пішохідного містка вздовж колії $a_{п}$, м
Змінний	7,5	4

Остання цифра шифру – 0

t_{min} , °C	t_{max} , °C	V_{max} , м/с	V_r , м/с	b_r , мм	t_r , °C	t_v , °C
-30	+40	30	20	20	- 5	+ 5

Схема станції

Навчально-методичне видання

Босий Дмитро Олексійович
Антонов Андрій Владиславович
Дьяков Віктор Олексійович

ПРОЄКТ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ НА СТАНЦІЇ

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту

Редактор А. В. Безверхня
Комп'ютерна верстка В. В. Бердо

Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Ум. друк. арк. 1,92. Обл.-вид. арк. 0,82.
Зам.№ 58

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010