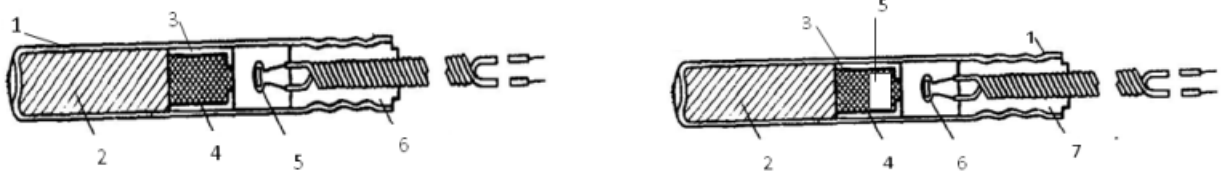


Практична робота № 6. Розрахунок параметрів електровибухових мереж

6.1. Теоретичні відомості.

Електричний спосіб підривання широко застосовується, як ефективний елемент комплексу гірничих робіт, пов'язаних з видобутком корисних копалин у відкритих та підземних умовах. До засобів електричного підривання відносяться: електродетонатори (ЕД); електричні проводи; джерело струму; контрольно-вимірювальну апаратуру.

Залежно від технічних характеристик електродетонатори діляться на групи: за часом спрацювання на **ЕД миттєвої, короткосповільненої та сповільненої дії**; за потужністю на ЕД нормальної та підвищеної здатності до ініціювання; за запобіжністю – на ЕД запобіжні (для шахт небезпечних по газу та пилу) та незапобіжні; за термостійкістю – на ЕД для нормальних та високих температур.



Принципова схема ЕД миттєвої дії: 1 – металева гільза; 2 – вторинна ІВР (тетрил - 1,2г); 3 – чашечка, 4 – первинна ВР (гримуча ртуть – 0,5г); 5 – електрозапальник; 6 – пластикова пробка.

Принципова схема електродетонаторів короткосповільненої та сповільненої дії: 1 – металева гільза; 2 – вторинна ІВР (ТЕН); 3 – чашечка; 4 – первинна ІВР (азид свинцю); 5 – сповільнюючий склад; 6 – електрозапальник; 7 – пластикова пробка.

Рис.6.1. Типи ЕД

Принцип дії будь-якого ЕД полягає в тому, що електричний струм розжарює місток, після чого спалахує запалювальна речовина, яка через отвір у чашці підриває первинну ІВР детонатора (у ЕДКС та ЕДСД після горіння сповільнюючої речовини), після чого спалахує вторинна ІВР.

Для монтажу електропідривної мережі використовуються такі типи проводів: **магістральні** (які з'єднують джерело струму з дільничними проводами); **дільничні** (які з'єднують кінцеві проводи ЕД між собою); **кінцеві** (проводи, які відходять від електродетонаторів до устя свердловин).

У якості джерела струму використовують підривні машинки, освітлювальні та силові електромережі. У нашій країні часто застосовують конденсаторні підривні машинки з ручним генератором струму чи з елементами живлення.

Для визначення справності електропідривної мережі та її опору використовують спеціальні контрольно-вимірювальні прилади з максимальною силою струму 50 мА. Найбільш розповсюдженими вимірювальними приладами є: вимірювальний місток «Р-3043», яким визначається опір проводів, ЕД та електропідривних мереж; омметри «ОВЦ-2», «М-57» та омметри-класифікатори ЕД «ОКЕД-1»; п'єзоелектричні підривні випробувачі «ВІО-3».

Монтаж електропідривної мережі (від зарядів до джерела струму) виконують після закінчення заряджання свердловин. Електропідривна мережа повинна бути двопровідною (заборонено використовувати землю, труби, рейки та ін., у якості одного з проводів). Кінці проводів змонтованої частини мережі повинні бути замкнутими. Електропостачання у межах зони монтажу підривної мережі повинно бути відключене. У електропідривних мережах використовують три типи з'єднання проводів (див. рис. 6.2): **послідовне**; **паралельне** (пучкове та ступеневе); **змішане** (послідовно-паралельне та паралельно-послідовне).

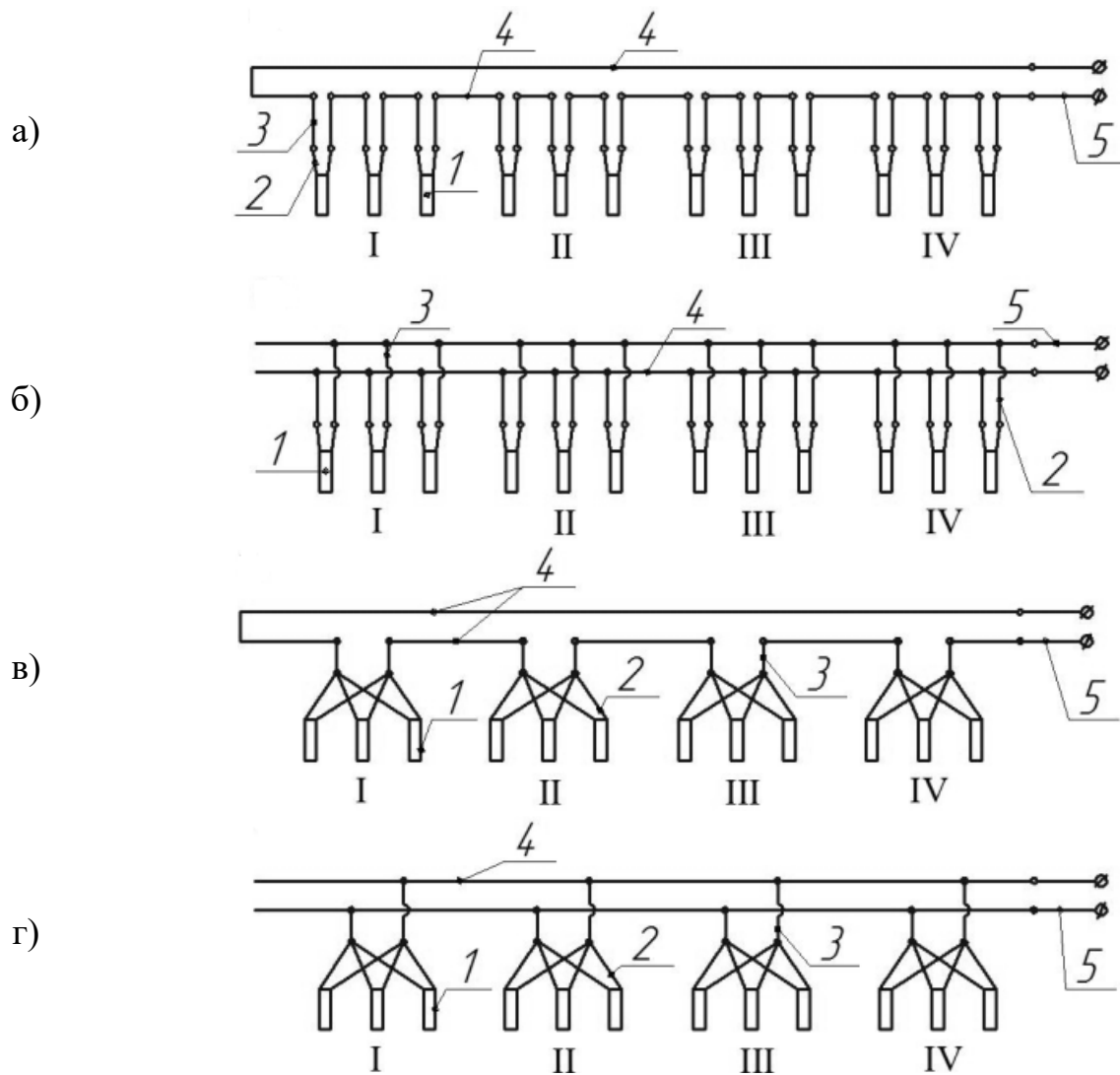


Рис.6.2. Схеми з'єднання електродетонаторів в електропідривної мережі. *а)* – послідовна; *б)* – паралельна; *в)* – змішана (пучково-послідовна); *г)* – змішана (пучково-паралельна): I–IV – номер гілки; 1 – електродетонатор; 2 - вивідні проводи; 3 – кінцеві проводи; 4 – дільничні проводи; 5 – магістральні проводи.

6.2. Розрахунок електропідривної мережі з послідовним з'єднанням електродетонатора при підриванні підривною машинкою

Завдання: розрахувати параметри електропідривної мережі при використанні підривної машинки з послідовним з'єднанням електродетонаторів, та параметри електропідривної мережі при використанні в якості джерела струму силової або освітлювальної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним і змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів.

Вихідні дані:

Таблиця 6.1

Вихідні дані для розрахунку електропідривної мережі з послідовним з'єднанням електродетонаторів при підриванні підривною машинкою

Варіант	Марка підривної машинки	Марка електродетонагора	Кількість послідовно з'єднаних електродетонаторів	Загальна довжина вивідних проводів, м	Марка вивідних проводів	Загальна довжина кінцевих проводів, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів
1	КПМ-3	ЕД-8э	170	680	ЕВ	510	ЕВ	81	ВМВ	978	ПР-3000
2	ВМК-500	ЕД-8ж	360	1080	ЕП	1800	ЕП	60	ВМП	828	АПР-660
3	КВП-1/100М	ЕДКЗ-ОП	30	60	ЕВЖ	60	ЕВЖ	120	ВМВЖ	730	АПВ-380
4	ПІВ-100М	ЕДКЗ-1ПМ	42	126	ЕПЖ	168	ЕПЖ	78	ВМПЖ	892	ПР-3000
5	КПМ-3	ЕДКЗ-2ПМ	182	910	ЕВ	364	ЕВ	111	СПП-2	870	АПР-660
6	ВМК-500	ЕДКЗ-3ПМ	460	1840	ЕП	2300	ЕП	78	СПП-1	852	АПВ-380
7	КВП-1/100М	ЕДКЗ-4ПМ	50	150	ЕВЖ	150	ЕВЖ	84	ПВ-660	798	ПР-3000
8	ПІВ-100М	ЕДКЗ-5ПМ	40	80	ЕПЖ	80	ЕПЖ	72	ВМВ	676	АПР-660
9	КПМ-3	ЕДКЗ-6ПМ	160	480	ЕВ	320	ЕВ	96	ВМП	834	АПВ-380
10	ВМК-500	ЕДКЗ-7ПМ	200	800	ЕП	1000	ЕП	93	ВМВЖ	800	ПР-3000
11	КВП-1/100М	ЕДКЗ-1П	60	180	ЕВЖ	120	ЕВЖ	99	ВМПЖ	620	АПР-660
12	ПІВ-100М	ЕДКЗ-2П	30	120	ЕПЖ	150	ЕПЖ	93	СПП-2	978	АПВ-380
13	КПМ-3	ЕДКЗ-3П	150	450	ЕВ	750	ЕВ	63	СПП-1	888	ПР-3000
14	ВМК-500	ЕДКЗ-4П	58	116	ЕП	232	ЕП	99	ПВ-660	928	АПР-660
15	КВП-1/100М	ЕДКЗ-5П	60	180	ЕВЖ	180	ЕВЖ	72	ВМВ	892	АПВ-380
16	ПІВ-100М	ЕДЗД-7	86	344	ЕПЖ	430	ЕПЖ	120	ВМП	670	ПР-3000

Продовження таблиці 6.1

Варіант	Марка підривної машинки	Марка електродетонатора	Кількість послідовно з'єднаних електродетонаторів	Загальна довжина вивідних проводів, м	Марка вивідних проводів	Загальна довжина кінцевих проводів, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів
17	КПМ-3	ЕДЗД-8	190	760	ЕВ	760	ЕВ	93	ВМВЖ	804	АПР-660
18	ВМК-500	ЕДЗД-9	280	560	ЕП	560	ЕП	90	ВМПЖ	896	АПВ-380
19	КВП-1/100М	ЕДЗД-10	80	400	ЕВЖ	400	ЕВЖ	102	СПП-2	820	ПР-3000
20	ПІВ-100М	ЕДЗД-11	20	60	ЕПЖ	60	ЕПЖ	69	СПП-1	734	АПР-660
21	КПМ-3	ЕДЗД-12	140	280	ЕВ	280	ЕВ	120	ПВ-660	680	АПВ-380
22	ВМК-500	ЕДЗД-13	750	1500	ЕП	1500	ЕП	69	ВМВ	966	ПР-3000
23	КВП-1/100М	ЕДЗД-14	50	250	ЕВЖ	200	ЕВЖ	117	ВМП	764	АПР-660
24	ПІВ-100М	ЕДЗД-15	74	370	ЕПЖ	296	ЕПЖ	84	ВМВЖ	658	АПВ-380
25	КПМ-3	ЕД-8э	56	112	ЕВ	112	ЕВ	90	ВМПЖ	714	ПР-3000

Розрахунок електропідривної мережі з послідовним з'єднанням ЕД при підриванні підривною машинкою зводиться до визначення загального опору мережі (R) і порівняння його з опором підривної машинки.

Загальний опір мережі дорівнює (6.1):

$$R = R_B + R_K + R_D + R_M + R_{ED} \times n, \quad (6.1)$$

де: R_B – опір вивідних проводів, Ом;

R_K – опір кінцевих проводів, Ом;

R_D – опір дільничних проводів, Ом;

R_M – опір магістральних проводів, Ом;

R_{ED} – опір електродетонатора, Ом;

n – кількість електродетонаторів.

Для спрощення розрахунку, формулу можна записати в дещо іншому вигляді (6.2):

$$R = R_{B,D,K,M} + R_{ED} \times n, \quad (6.2)$$

де: $R_{B,D,K,M}$ – сумарне значення опору проводів електромережі (6.3):

$$R_{B,D,K,M} = R_B L_B + R_K L_K + R_D L_D + R_M L_M, \quad (6.3)$$

де: R_B – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м;

R_K – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м;

R_D – опір одного метра дільничного проводу, Ом/м;

R_M – опір одного метра магістрального проводу, Ом/м;

L_B – сумарна довжина вивідних проводів, м;

L_K – сумарна довжина кінцевих проводів, м;

L_D – сумарна довжина дільничних проводів, м;

L_M – сумарна довжина магістральних проводів, м.

Питомий опір проводів наведений у табл. 6.3.

Після розрахунку загального опору мережі, має виконуватись умова:

$$R \leq R_{п.м.}$$

де: $R_{п.м.}$ – гранично допустимий опір, вказаний у паспорті підривної машинки, Ом (див. таблиця 6.4).

В свою чергу, значення сили струму, що подається на один електродетонатор буде знаходитись як (6.4):

$$I = U/R, \quad (6.4)$$

де: U – напруга підривної машинки, В (див. табл. 6.4).

Таблиця 6.2

Характеристики електродетонаторів

№ з/п	Марка електродетонатора	Інтервал сповільнення між серіями, мс	Сповільнення з максимальними відхиленнями (час спрацювання), мс	Колір фарбування придонної ділянки гільзи	Опір електродетонатора, Ом
1	ЕД-8э	–	Миттєве	Не фарбується	3,8
2	ЕД-8ж	–	Миттєве	– // –	3,7
3	ЕДКЗ-ОП	–	4 ± 2	– // –	2,5
4	ЕДКЗ-1ПМ	15	15 ± 7	Чорний	2,3
5	ЕДКЗ-2ПМ	15	30 ± 7	Червоний	3,5
6	ЕДКЗ-3ПМ	15	45 ± 7	Не фарбується	2,6
7	ЕДКЗ-4ПМ	15	60 ± 7	Зелений	2,0
8	ЕДКЗ-5ПМ	20	80 ± 10	Жовтий	3
9	ЕДКЗ-6ПМ	20	100 ± 10	Білий	3,1
10	ЕДКЗ-7ПМ	20	120 ± 10	Синій	2,5
11	ЕДКЗ-1П	25	25 ± 7	Чорний	3,7
12	ЕДКЗ-2П	25	50 ± 7	Червоний	2,9

Продовження таблиця 6.2

№ з/п	Марка електродетонатора	Інтервал сповільнення між серіями, мс	Сповільнення з максимальними відхиленнями (час спрацювання), мс	Колір фарбування придонної ділянки гільзи	Опір електродетонатора, Ом
13	ЕДКЗ-3П	25	75 ± 110	Не фарбується	3,8
14	ЕДКЗ-4П	25	100 ± 10	Зелений	3,4
15	ЕДКЗ-5П	25	125 ± 10	Жовтий	2,4
16	ЕДЗД-7	500	500 + 50 – 150	Жовтий	2,5
17	ЕДЗД-8	250	750 + 125 – 150	Рожевий	2,8
18	ЕДЗД-9	250	1000 + 300 – 75	Помаранчевий	2,1
19	ЕДЗД-10	500	1500 + 350 – 150	Голубий	2,5
20	ЕДЗД-11	500	2000 + 600 – 100	Світло-бузковий	3,7
21	ЕДЗД-12	2000	4000 ± 500	Білий	2,6
22	ЕДЗД-13	2000	6000 ± 600	Чорний	2,3
23	ЕДЗД-14	2000	8000 ± 900	Зелений	3,9
24	ЕДЗД-15	2000	10000 + 1600 – 800	Фіолетовий	2,5

Таблиця 6.3

Характеристики електропроводів

Марка проводу	Матеріал жили	Кількість жил	Діаметр жили, мм	Площа поперечного перерізу жили, мм ²	Опір 1 км проводу при температурі +20°C, Ом	Тип ізоляції	Призначення проводів	Маса 100 м проводу, кг
ЕВ	Мідь	1	0,5	0,2	100	Поліхлорвінілова	Вивідні та кінцеві	3,1
ЕП	Мідь	1	0,5	0,2	100	Поліетиленова	Вивідні та кінцеві	-
ЕВЖ	Сталь луджена	1	0,6	0,28	520	Поліхлорвінілова	Вивідні та кінцеві	4
ЕПЖ	Сталь луджена	1	0,6	0,28	520	Поліетиленова	Вивідні та кінцеві	-
ВМВ	Мідь	1	0,8	0,5	40	Поліхлорвінілова	Магістральні та дільничні	8,2
ВМП	Мідь	1	0,8	0,5	40	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	-
ВМВЖ	Сталь оцинкована	1	1,2	1,13	140	Поліхлорвінілова	Магістральні та дільничні	14,3
ВМПЖ	Сталь оцинкована	1	1,2	1,13	140	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	-
СПП-2	Мідь	2	0,8	0,5	41	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	16,5
СПП-1	Мідь	1	0,8	0,5	39,5	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	8
ПВ-660	Мідь	1	1,1	1	18	Поліетиленова	Магістральні та дільничні	16
ПР-3000	Мідь	1	1,4	1,5	12	Гумова	Магістральні	51
АПР-660	Алюміній	1	2,3	4	7,4	Гумова	Магістральні	34
АПВ-380	Алюміній	1	3,6	10	2,7	Поліхлорвінілова	Магістральні	52

Характеристики підричних машинок

Тип приладу	Напруга на конденсаторі, В	Основні розміри, мм	Маса з футляром, кг	Максимальний опір мережі при послідовному під'єднанні, Ом	Кількість послідовно з'єднаних ЕД яка підривається,	Первинне джерело струму
Індукторні підричні машинки						
КПМ-3	1600	172*86*120	2,3	600	200	Індуктор
ВМК-500	3000	280*165*165	11	2100	800	Індуктор
Батарейні підричні машинки						
КВП-1/100М	600	152*122*100	2	320	100	Три сухих елементи "Сатурн"
ПІВ-100М	600	195*126*95	2,7	320	100	Три сухих елементи "Сатурн"

Приклад виконання розрахунків:

Приклад розрахунку параметрів електропідричної мережі при використанні підричної машинки з послідовним з'єднанням електродетонаторів буде показаний на основі наступних вихідних даних: марка підричної машинки – КПМ-3; марка електродетонаторів – ЕД-8ж; кількість електродетонаторів у складі мережі – 80 шт; сумарна довжина вивідних проводів – 120 м; марка вивідних проводів – ЕВ; сумарна довжина кінцевих проводів – 160 м; марка кінцевих проводів – ЕВ; сумарна довжина дільничних проводів – 75 м; марка дільничних проводів – ВМВ; сумарна довжина магістральних проводів – 840 м; марка магістральних проводів – ПР-3000.

1. Загальний опір мережі:

$$\begin{aligned}
 R_{В,Д,К,М} &= R_{В}L_{В} + R_{К}L_{К} + R_{Д}L_{Д} + R_{М}L_{М} = \\
 &= 120 \cdot 0,1 + 160 \cdot 0,1 + 75 \cdot 0,4 + 840 \cdot 0,012 = 41,08 \text{ Ом} \\
 R &= R_{В,Д,К,М} + R_{ЕД} \times n = 41,08 + 2,7 \cdot 80 = 257,08 \text{ Ом}
 \end{aligned}$$

2. Перевіряємо, чи відповідає машинка опору мережі:

$$R \leq R_{\text{п.м.}}$$

$$257,08, 0\text{м} \leq 600 0\text{м}$$

Умова виконується.

3. Знаходимо значення сили струму, що подається на один електродетонатор:

$$I = U/R = 1600/257,08 = 6,22 \text{ А}$$

Для заданих умов сила гарантованого струму складає 1 А, що в шість разів менше струму, який буде виникати в мережі

6.3. Розрахунок електропідривної мережі при використанні в якості джерела струму силової, або освітлювальної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним зі змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів

Завдання. Розрахувати параметри електропідривної мережі при використанні в якості джерела струму силової або освітлювальної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним і змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів.

В таблиці 6.5, типи з'єднання заковані наступним чином: а – мережа з послідовним з'єднанням електродетонаторів; б – мережа з паралельним з'єднанням електродетонаторів; в – мережа зі змішаним пучково-послідовним з'єднанням електродетонаторів; г – мережа з змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів.

Спрощений розрахунок електропідривної мережі при підриванні від силової або освітлювальної мережі наступний: кожен ЕД або група ЕД при паралельному з'єднанні складає окрему гілку, яка з'єднується за допомогою проводів з джерелом струму.

При використанні послідовної (рис. 6.2, а) схеми з'єднання, опір окремої гілки буде знаходитись за формулою (6.5):

$$R_{\Gamma} = r_{\text{ЕД}} + r_{\text{В}} + r_{\text{К}} \quad (6.5)$$

Вихідні дані:

Таблиця 6.5

Вихідні дані для розрахунку електропідвдної мережі з послідовним, паралельним, змішаним пучково-послідовним зі змішаним пучково-паралельним з'єднанням електродетонаторів

Варіант	Тип з'єднання	Марка електродетонатора	К-сть ЕД у складі однієї гілки	К-сть гілок	К-сть вивідних проводів у складі однієї гілки	Довжина одного вивідного проводу, м	Марка вивідних проводів	К-сть кінцевих проводів у складі однієї гілки	Довжина одного кінцевого проводу, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів	Напруга мережі, В
1	а	ЕД-8э	4	4	8	16	ЕВ	8	2	ЕВ	40	ВМВ	762	ПР-3000	320
2	б	ЕД-8ж	5	4	10	20	ЕП	3	4	ЕП	72	ВМП	606	АПР-660	320
3	в	ЕДКЗ-ОП	5	4	10	8	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	56	ВМВЖ	672	АПВ-380	320
4	г	ЕДКЗ-1ПМ	5	4	10	20	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	66	ВМПЖ	650	ПР-3000	320
5	а	ЕДКЗ-2ПМ	4	4	8	18	ЕВ	8	3	ЕВ	54	СПП-2	904	АПР-660	320
6	б	ЕДКЗ-3ПМ	5	4	10	8	ЕП	3	2	ЕП	54	СПП-1	914	АПВ-380	320
7	в	ЕДКЗ-4ПМ	3	4	6	14	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	52	ПВ-660	908	ПР-3000	320
8	г	ЕДКЗ-5ПМ	4	4	8	10	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	54	ВМВ	802	АПР-660	320
9	а	ЕДКЗ-6ПМ	5	4	10	18	ЕВ	10	4	ЕВ	58	ВМП	722	АПВ-380	320
10	б	ЕДКЗ-7ПМ	3	4	6	14	ЕП	3	2	ЕП	74	ВМВЖ	616	ПР-3000	320
11	в	ЕДКЗ-1П	3	4	6	16	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	62	ВМПЖ	746	АПР-660	320
12	г	ЕДКЗ-2П	4	4	8	12	ЕПЖ	2	2	ЕПЖ	58	СПП-2	670	АПВ-380	320
13	а	ЕДКЗ-3П	2	4	4	16	ЕВ	4	3	ЕВ	44	СПП-1	890	ПР-3000	320
14	б	ЕДКЗ-4П	3	4	6	12	ЕП	3	3	ЕП	70	ПВ-660	790	АПР-660	320
15	в	ЕДКЗ-5П	5	4	10	16	ЕВЖ	2	2	ЕВЖ	52	ВМВ	738	АПВ-380	320
16	г	ЕДЗД-7	5	4	10	16	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	60	ВМП	656	ПР-3000	320

Продовження таблиці 6.5

Варіант	Тип з'єднання	Марка електротетонагора	К-сть ЕД у складі однієї гілки	К-сть гілок	К-сть вивідних проводів у складі однієї гілки	Довжина одного вивідного проводу, м	Марка вивідних проводів	К-сть кінцевих проводів у складі однієї гілки	Довжина одного кінцевого проводу, м	Марка кінцевих проводів	Загальна довжина дільничних проводів, м	Марка дільничних проводів	Загальна довжина магістральних проводів, м	Марка магістральних проводів	Напруга мережі, В
17	а	ЕДЗД-8	3	4	6	20	ЕВ	6	3	ЕВ	58	ВМВЖ	914	АПР-660	320
18	б	ЕДЗД-9	3	4	6	10	ЕП	3	3	ЕП	60	ВМПЖ	626	АПВ-380	320
19	в	ЕДЗД-10	4	4	8	18	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	74	СПП-2	828	ПР-3000	320
20	г	ЕДЗД-11	5	4	10	12	ЕПЖ	2	4	ЕПЖ	74	СПП-1	844	АПР-660	320
21	а	ЕДЗД-12	4	4	8	14	ЕВ	8	3	ЕВ	52	ПВ-660	860	АПВ-380	320
22	б	ЕДЗД-13	2	4	4	8	ЕП	3	3	ЕП	50	ВМВ	854	ПР-3000	320
23	в	ЕДЗД-14	3	4	6	10	ЕВЖ	2	3	ЕВЖ	72	ВМП	604	АПР-660	320
24	г	ЕДЗД-15	2	4	4	16	ЕПЖ	2	3	ЕПЖ	50	ВМВЖ	678	АПВ-380	320
25	а	ЕД-8э	5	4	10	14	ЕВ	10	4	ЕВ	60	ВМПЖ	674	ПР-3000	320

Опір електродетонаторів у складі гілки буде знаходитись як добуток кількості електродетонаторів та значення опору одного електродетонатора:

$$r_{\text{ЕД}} = n_{\text{ЕД}} R_{\text{ЕД}}, \quad (6.6)$$

де: $n_{\text{ЕД}}$ – кількість ЕД у складі однієї гілки;

$R_{\text{ЕД}}$ – опір одного ЕД (див. табл.6.2).

Опір вивідних і кінцевих проводів в даному випадку знаходиться як добуток довжини проводу та опору даного проводу на один метр:

$$\begin{aligned} r_{\text{В}} &= R_{\text{В}} L_{\text{В}}, \\ r_{\text{К}} &= R_{\text{К}} L_{\text{К}}, \end{aligned} \quad (6.7)$$

де: $R_{\text{В}}$ – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м (див. табл.6.3);

$R_{\text{К}}$ – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м (див. табл.6.3);

$L_{\text{В}}$ – сумарна довжина вивідних проводів за формулою (6.8), м;

$L_{\text{К}}$ – сумарна довжина кінцевих проводів за формулою (6.9), м;

$$L_{\text{В}} = n_{\text{ВГ}} \cdot l_{\text{В}} \cdot n_{\text{Г}}, \quad (6.8)$$

де: $n_{\text{ВГ}}$ – кількість вивідних проводів у складі однієї гілки, шт;

$l_{\text{В}}$ – довжина одного вивідного проводу, м;

$n_{\text{Г}}$ – кількість гілок у складі електропровідної мережі, шт;

$$L_{\text{К}} = n_{\text{ВГ}} \cdot l_{\text{К}} \cdot n_{\text{Г}}, \quad (6.9)$$

де: $n_{\text{ВГ}}$ – кількість кінцевих проводів у складі однієї гілки, шт;

$l_{\text{К}}$ – довжина одного кінцевого проводу, м;

$n_{\text{Г}}$ – кількість гілок у складі електропровідної мережі, шт.

При використанні **паралельної та змішаної пучково-паралельної (рис. 6.2, б і г)** схем з'єднання, опір окремої гілки буде знаходитись як:

$$R_{\Gamma} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ED1}} + \frac{1}{R_{ED2}} + \dots + \frac{1}{R_{EDn}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{K1}} + \frac{1}{r_{K2}} + \dots + \frac{1}{r_{Kn}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{B1}} + \frac{1}{r_{B2}} + \dots + \frac{1}{r_{Bn}}}, \quad (6.10)$$

де: R_{EDn} – опір одного електродетонатора, Ом (див. табл.6.2);

r_{Bn} – опір одного вивідного проводу за формулою (6.11), Ом;

r_{Kn} – опір одного кінцевого проводу за формулою (6.12), Ом.

$$r_{Bn} = l_B \cdot R_B, \quad (6.11)$$

де: l_B – довжина одного вивідного проводу, м;

R_B – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м (див. табл.6.3).

$$r_{Kn} = l_K \cdot R_K, \quad (6.12)$$

де: l_K – довжина одного кінцевого проводу, м;

R_K – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м (див. табл.6.3).

При використанні **змішаної пучково-послідовної (рис. 6.2, в) схеми** з'єднання, опір окремої гілки може бути знайдений як:

$$R_{\Gamma} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ED1}} + \frac{1}{R_{ED2}} + \dots + \frac{1}{R_{EDn}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{K1}} + \frac{1}{r_{K2}} + \dots + \frac{1}{r_{Kn}}} + r_B, \quad (6.13)$$

де: R_{ED} – опір одного електродетонатора, Ом (див. табл.6.2);

r_B – загальний опір вивідних проводів за формулою (6.14), Ом;

r_K – опір одного кінцевого проводу за формулою (6.16), Ом;

$$r_B = R_B L_B, \quad (6.14)$$

де: R_B – опір одного метра вивідного проводу, Ом/м (див. табл.6.3);

L_B – сумарна довжина вивідних проводів за формулою (6.15), м;

$$L_B = n_{B_r} \cdot l_B \cdot n_r, \quad (6.15)$$

де: n_{B_r} – кількість вивідних проводів у складі однієї гілки, шт;

l_B – довжина одного вивідного проводу, м;

n_r – кількість гілок у складі електропровідної мережі, шт.

$$r_{K_n} = l_k \cdot R_K, \quad (6.16)$$

де: l_k – довжина одного кінцевого проводу, м;

R_K – опір одного метра кінцевого проводу, Ом/м (див. табл.6.3).

Опір всієї мережі буде рівний:

$$R = r_M + r_D + \frac{1}{\frac{1}{R_{\Gamma_1}} + \frac{1}{R_{\Gamma_2}} + \dots + \frac{1}{R_{\Gamma_n}}}, \quad (6.17)$$

де: R_{Γ_n} – опір гілок мережі, Ом;

r_M – загальне значення опору магістральних проводів за формулою (6.18), Ом;

r_D – загальне значення опору дільничних проводів за формулою (6.19), Ом.

$$r_M = L_M \cdot R_M, \quad (6.18)$$

де: L_M – загальна довжина магістральних проводів, м;

R_M – опір одного метра магістрального проводу, Ом/м (див. табл.6.3).

$$r_D = L_D \cdot R_D, \quad (6.19)$$

де: L_D – загальна довжина магістральних проводів, м;

R_d – опір одного метра магістрального проводу, Ом/м (див. табл.6.3).

Сила струму у магістралі знаходитиметься як:

$$I_M = \frac{U}{R}, \quad (6.20)$$

де: U – напруга мережі, В.

Сила струму, що припадає на один електродетонатор:

$$I_{ED} = \frac{I_M}{n_r n_d}, \quad (6.21)$$

де: I_{ED} – струм в електродетонаторі;

I_{GAR} – гарантійний струм (мінімально допустиме значення сили струму 2,5 А);

n_r – кількість гілок мережі;

n_d – кількість електродетонаторів у гілці.

При цьому має виконуватись умова: $I_{ED} \geq I_{GAR}$.

Приклад виконання розрахунків:

Приклад розрахунку параметрів електропідривної мережі при підриванні від силової або освітлювальної мережі буде показаний на основі наступних вихідних даних: тип з'єднання ЕД – паралельне; марка електродетонаторів – ЕДЗД-13; кількість ЕД у складі однієї гілки – 2 шт; кількість гілок у складі мережі – 4 шт; кількість вивідних проводів у складі однієї гілки – 4 шт; довжина одного вивідного проводу – 9 м; тип вивідних проводів – ЕП; кількість кінцевих проводів у складі однієї гілки – 3 шт; довжина одного кінцевого проводу – 4 м; тип кінцевих проводів – ЕП; загальна довжина дільничних проводів – 52 м; тип дільничних проводів – ВМВ; загальна довжина магістральних проводів – 870 м; тип магістральних проводів – ПР-3000; напруга мережі – 320В.

1. Знаходимо опір окремої гілки при використанні **паралельної** (рис. 6.2, б) схем з'єднання. Для цього знайдемо опір одного вивідного проводу:

$$r_{B_n} = l_B \cdot R_B = 9 \cdot 0,1 = 0,9 \text{ Ом.}$$

Опір одного кінцевого проводу:

$$r_{K_n} = l_K \cdot R_K = 4 \cdot 0,1 = 0,4 \text{ Ом.}$$

Опір окремої гілки:

$$R_{\Gamma} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ED_1}} + \frac{1}{R_{ED_2}} + \dots + \frac{1}{R_{ED_n}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{K_1}} + \frac{1}{r_{K_2}} + \dots + \frac{1}{r_{K_n}}} + \frac{1}{\frac{1}{r_{B_1}} + \frac{1}{r_{B_2}} + \dots + \frac{1}{r_{B_n}}} = \frac{1}{\frac{1}{2,3} + \frac{1}{2,3}} + \frac{1}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9}} + \frac{1}{\frac{1}{0,4} + \frac{1}{0,4} + \frac{1}{0,4}} = 1,52 \text{ Ом.}$$

2. Для розрахунку опору всієї мережі знайдемо опір магістральних проводів:

$$r_M = L_M \cdot R_M = 870 \cdot 0,012 = 10,44 \text{ Ом.}$$

Опір дільничних проводів:

$$r_D = L_D \cdot R_D = 52 \cdot 0,04 = 2,08 \text{ Ом.}$$

Опір всієї мережі:

$$R = r_M + r_D + \frac{1}{\frac{1}{R_{\Gamma_1}} + \frac{1}{R_{\Gamma_2}} + \dots + \frac{1}{R_{\Gamma_n}}} = 10,44 + 2,08 + \frac{1}{\frac{1}{1,52} + \frac{1}{1,52} + \frac{1}{1,52} + \frac{1}{1,52}} = 12,9 \text{ Ом.}$$

3. Знаходимо значення сили струму у мережі:

$$I_M = \frac{U}{R} = \frac{320}{12,9} = 24 \text{ A.}$$

4. Виконуємо розрахунок значення сили струму, що припадає на один електродетонатор:

$$I_{\text{ЕД}} = \frac{I_M}{n_{\Gamma} n_{\text{Д}}} = \frac{24}{4 \cdot 2} = 3 \text{ A.}$$

Умова: $I_{\text{ЕД}} \geq I_{\text{ГАР}}$ виконується так як $3 \text{ A} \geq 2,5 \text{ A}$.