

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра систем електропостачання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
з дисципліни “Електрифікація гірничих робіт”**

для студентів заочної форми навчання напрямів підготовки 050701 спеціальності Системи електроспоживання гірничих підприємств та 050702 спеціальності Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв

Дніпропетровськ
НГУ
2008

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни “Електрифікація гірничих робіт” для студентів заочної форми навчання напрямів підготовки 050701 та 050702 / М.М. Білий. –Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 24 с.

М.М. Білий, канд. техн. наук

Затверджено методичною комісією з напряму підготовки 050702 Електромеханіка (протокол № 2 від 22.10.08) за поданням кафедри систем електропостачання (протокол 9 від 03.10.08).

Подано методичні рекомендації до виконання контрольної роботи з дисципліни “Електрифікація гірничих робіт”, а також довідковий матеріал з рудникового електрообладнання.

Відповідальний за випуск заступник завідувача кафедри систем електропостачання, д-р техн. наук, проф. С.І. Випанасенко

Загальні відомості та рекомендації

Дисципліна “Електрифікація підземних гірничих робіт” для студентів напрямів підготовки 050701 спеціальності Системи електроспоживання гірничих підприємств та 050702 спеціальності Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв займає важливе місце у професійній підготовці гірничого інженера-електрика та електромеханіка.

Виконання контрольної роботи з цієї дисципліни сприяє поглибленню та закріпленню теоретичних знань, придбанню навичок вибору електрообладнання, схем та елементів схем електропостачання з урахуванням економічної доцільності і додержання умов безпеки.

Контрольна робота виконується для умов видобувної ділянки вугільної шахти.

Текст контрольної роботи повинен бути стислим та виразним, а також підтверджуватися необхідними розрахунками та посиланнями на використану літературу.

Однотипні розрахунки виконуються одноразово, а результати повторних розрахунків заносять у таблиці. У таблицях також можна наводити каталожні дані електрообладнання, що вибрано за результатами розрахунків.

Терміни визначення, умовні позначення повинні бути єдиними і відповідати ДСТУ та ЕСКД.

Зразок титульного аркуша наведений у додатку 13.

Рекомендована література

1. Электрification горных работ. Учебник для вузов / М.М.Белый, В.Т. Заика, Г.Г. Пивняк и др. ; под ред. Г.Г. Пивняка. – М.: Недра, 1992. – 383 с.
2. Дзюбан В.С., Риман Я.С., Маслий А.К. Справочник энергетика угольной шахты. – М.: Недра, 1983. – 542 с.
3. Авсеев М.Г., Алексеенко А.Ф., Гармаш И.А. Сборник задач по горной электротехнике. – М.: Недра, 1988. – 276 с.
4. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт / Под общ. ред. В.В. Дегтярева, В.И. Серова, Г.Ю. Цепелинского. – М.: Недра, 1988. – 727 с.
5. Озерной М.И. Электрооборудование и электроснабжение подземных разработок угольных шахт. – М.: Недра, 1975. – 448 с.
6. Цапенко Е.Ф., Мирский М.И., Сухарев О.В. Горная электротехника / Под ред. Е.Ф. Цапенко. – М.: Недра, 1986. – 431 с.
7. Щуцкий В.И., Волощенко Н.И., Плащанский Л.А. Электрification подземных горных работ: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1986. – 364 с.
8. Правила безопасности у угольных шахтах. – К.: Основа, 1996. – 421 с.
9. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976. – 303 с.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Скласти електричну схему і розрахувати електропостачання очисної дільниці вугільної шахти. Вибрати дільничну підстанцію, кабельну мережу, комутаційні апарати і вставки їх захисту згідно з вихідними даними, що наведені в табл. 1 і 2. Пласт пологий. Шахта небезпечна за газом та пилом. Потужність короткого замикання на боці 6 кВ ПДПП дорівнює $38 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Коефіцієнт потужності двигуна комбайна при пуску можна приймати таким, що дорівнює 0,5.

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи

1. Вибір схеми електропостачання дільниці

У цьому параграфі необхідно обґрунтувати принципову схему електропостачання дільниці згідно з вихідними даними та вибрати напругу дільничної мережі (660 або 1140 В).

2. Розрахунок електричних навантажень та вибір потужності трансформатора

Електричне навантаження дільниці шахти рекомендується визначати за установленою потужністю $P_{ном}$ та коефіцієнтом попиту K_n . Розрахункову потужність трансформатора S_T визначають за такою формулою:

$$S_T = \frac{K_n \sum P_{ном}}{1,25 \cos \varphi}, \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

де $\cos \varphi$ – середньозважений коефіцієнт потужності споживачів дільниці.

На основі розрахункової потужності вибирають трансформатор за умовою $S_{номТ} \geq S_T$.

Для живлення споживачів дільниці доцільно приймати пересувні підстанції типу КТПВ або ТСВП (табл. Д1). Застосування цих підстанцій дозволяє у ряді випадків забезпечити більш якісне електропостачання дільниці шахти.

3. Розрахунок кабельної мережі дільниці за нагрівом

Для вибору кабелів за нагрівом необхідно визначити їх розрахункові струми. Для комбайнового кабелю за розрахунковий струм приймають такий, який відповідає годинній потужності двигуна комбайна при повітряному провітрюванні та тривалій – при водяному охолодженні.

Для магістрального кабелю розрахунковий струм

$$I_{км} = \frac{S_T}{\sqrt{3}U}$$

Таблиця 1

Електроустаткування та його технічні дані

Варі- анти	Електроприводи																				Потуж- ність $P_{ном},$ кВт
	Комбайна					Конвеєра лави					Конвеєра штрека					Маслостанції					
	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ В	$\eta,$ %	$\cos\varphi$	$I_{пуск},$ А	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ В	$\eta,$ %	$\cos\varphi$	$I_{пуск},$ А	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ В	$\eta,$ %	$\cos\varphi$	$I_{пуск},$ А	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ В	$\eta,$ %	$\cos\varphi$	$I_{пуск},$ А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	125	660	92	0,82	800	2x55	660	91,5	0,86	575	55	660	92	0,87	680	2x17	660	89	0,89	133	180
2	105		91,3	0,84	840	2x45		91	0,86	480	55		92	0,87	680	18,5 7,5		90	0,87	135	220
3	97		92	0,83	850	2x45		91	0,86	480	55		92	0,87	680	55 7,5		91	0,88	390	190
4	115		92	0,87	730	2x55		91,5	0,86	575	55		92	0,87	680	55 7,5		91	0,88	390	260
5	155		91,2	0,85	800	2x110		89	0,91	832	2x55		92	0,87	680	2x55		90	0,86	390	160
6	80		92	0,84	700	75		91,5	0,86	580	55		92	0,87	680	55 7,5		91	0,88	390	230
7	90		91,7	0,82	500	75		91,5	0,86	580	45		91	0,86	270	55 7,5		91	0,88	390	310
8	150		90,5	0,82	1000	2x110		89	0,91	832	110		89	0,91	832	55 7,5		91,5	0,89	768	150
9	125		89	0,87	650	110		92,5	0,88	767	2x55		92	0,87	680	55 7,5		91	0,88	390	280
10	105		90	0,89	800	2x45		89	0,85	370	2x45		91	0,86	270	2x18,5 7,5		89	0,87	135	320
11	93		91,3	0,86	770	2x37		91	0,86	270	55		92	0,87	680	2x17 4,0		89	0,89	133	350
12	115		92	0,87	700	2x45		89	0,85	370	2x45		89	0,85	370	55 7,5		92	0,87	390	325
13	145		92	0,88	850	2x55		91,5	0,86	575	110		89	0,91	832	2x55 7,5		92	0,87	390	210
14	75		92	0,85	485	55		91,5	0,86	575	75		91	0,86	505	2x18,5 7,5		89	0,87	135	380

Вари- анти	Електроприводи																				Потуж- ність Р _{ном} , кВт
	Комбайна					Конвеєра лави					Конвеєра штрека					Маслостанції					
	Р _{ном} , кВт	U _{ном} , В	η, %	cosφ	I _{пуск} , А	Р _{ном} , кВт	U _{ном} , В	η, %	cosφ	I _{пуск} , А	Р _{ном} , кВт	U _{ном} , В	η, %	cosφ	I _{пуск} , А	Р _{ном} , кВт	U _{ном} , В	η, %	cosφ	I _{пуск} , А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
15	160	1140	90	0,82	632	110	1140	92	0,88	423	55	1140	90	0,85	260	30	1140	89	0,88	138	295
16	2x85		91	0,77	800	110		92	0,88	423	75		89	0,9	310	2x30		89	0,9	132	230
17	170		90	0,81	699	2x55		90	0,85	256	2x45		89	0,85	210	2x22		88	0,88	101	230
18	125	660	91	0,85	920	100	660	90	0,89	718	75	660	90	0,88	540	55 7,5	660	91	0,86	400	280
19	155		91	0,85	980	100		92	0,86	720	2x55		92	0,87	395	2x55		91	0,86	400	200
20	2x70		90	0,86	900	75		90	0,88	540	2x37		90	0,86	272	18,5 7,5		89	0,9	131	235
21	2x105		91	0,84	840	2x40		89	0,9	285	55		91	0,86	410	55 7,5		91	0,86	400	126
22	90		92	0,81	830	75		91	0,86	546	70		93	0,85	498	55 7,5		91	0,86	400	285
23	145		92	0,87	850	110		92	0,88	767	110		92	0,88	800	110 7,5		92	0,88	800	196
24	100		92	0,84	850	55		90	0,85	410	90		90	0,85	980	55 7,5		91	0,86	400	347

Довжина кабелів

Вариант	Довжина кабелів (м) від РПП-0,66(1,4) кВ до				
	комбайна	конвеєра лави	конвеєра штрека	маслостанції	ПУПП
1	223	45	60	30	3
2	180	56	50	36	180
3	190	53	48	38	220
4	210	54	62	38	200
5	218	42	58	36	3
6	190	70	66	34	240
7	198	56	56	38	190
8	220	52	42	37	5
9	210	54	45	39	15
10	180	48	44	36	180
11	230	47	46	37	200
12	192	42	42	34	170
13	184	40	38	35	10
14	198	45	39	30	5
15	182	43	37	32	160
16	188	48	36	35	210
17	200	40	37	32	190
18	220	42	33	33	220
19	190	41	34	32	250
20	230	48	38	29	170
21	170	51	32	30	150
22	224	47	35	31	120
23	200	54	37	32	180
24	210	60	30	30	200

За таблицею струмових навантажень на кабелі (табл. Д2) порівнюють розрахунковий струм з допустимим для даного перерізу і марки прийнятого кабелю при даній температурі виробок.

Якщо температура виробок, де прокладений кабель, відрізняється від +25°C, то слід увести поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища K_T (табл. Д3).

$$K_T \cdot I_{\text{доп}} \geq I_{\text{роз}}$$

Приймають переріз кабелю таким, щоб допустимий струм дорівнював або перевищував розрахунковий. При цьому слід урахувувати умови механічної міцності. Перевагу надають таким перерізам кабелів: для

видобувних комбайнів – 35-70 мм², а іноді 95 мм², конвеєрів – 16-35 мм², електросвердл – 4-6 мм², інших електродвигунів – 10-16 мм², освітлювальної мережі – 4-10 мм². Для стаціонарних електроприймачів або змонтованих на платформах рекомендується приймати перерізи кабелів не менше 10 мм², а для пересувних – не менше 16 мм².

4. Перевірка кабельної мережі за допустимою втрати напругою в нормальному режимі роботи

Порядок перевірки такий.

Визначають втрату напруги ΔU_T в трансформаторі:

$$\Delta U_T = \beta(u_a \cos \varphi + u_p \sin \varphi) \frac{U_0}{100}, \text{ В},$$

де $\beta = S_T / S_{НОМ.Т}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора, тобто відношення розрахункової потужності трансформатора S_T до його номінальної потужності $S_{НОМ.Т}$;

$$u_a = \frac{P_{КЗ}}{S_{НОМ.Т}} 100, \% ; \quad u_p = \sqrt{u_{КЗ}^2 - u_a^2}, \% ;$$

U_0 – напруга холостого ходу трансформатора, В; $P_{КЗ}$ – втрати потужності в режимі КЗ (паспортна величина), кВт; $u_{КЗ}$ – напруга КЗ трансформатора в % від номінальної (паспорта величина).

Далі знаходять втрату напруги в гнучкому кабелі (кабелі відгалуження) $\Delta U_{КО}$ та в магістральному кабелі $\Delta U_{КМ}$, тобто

$$\Delta U_{к.о(к.м)} = \sqrt{3} I_{роз.к.о(к.м)} (r_{к.о(к.м)} \cos \varphi_{к.о(к.м)} + x_{к.о(к.м)} \sin \varphi_{к.о(к.м)}),$$

де $r_{к.о(к.м)}$ та $x_{к.о(к.м)}$ – активний та реактивний опори відповідних кабелів,

$$r_{к.о(к.м)} = r_{ок.о(к.м)} \cdot L_{к.о(к.м)} ; \quad x_{к.о(к.м)} = x_{ок.о(к.м)} \cdot L_{к.о(к.м)} ,$$

$r_{ок.о(к.м)}$, $x_{ок.о(к.м)}$ – активний та реактивний опори відповідного кабелю довжиною 1 км (табл. Д4); $L_{к.о(к.м)}$ – довжина відповідного кабелю (задана в умовах), км.

При визначенні втрати напруги в комбайновому кабелі $\Delta U_{КО}$ необхідно замість $\cos \varphi$ прийняти коефіцієнт потужності двигуна комбайна, тобто $\cos \varphi_D$ (заданий в умовах).

Розраховують загальну втрату напруги:

$$\sum \Delta U = \Delta U_T + \Delta U_{КМ} + \Delta U_{КО}.$$

Втрату напруги визначають до кожного споживача. Отримані результати записують у табл. 3.

Втрати напруги, В

Споживач	ΔU_T	ΔU_{KM}	ΔU_{KO}	$\sum \Delta U$
Комбайн				
Конвеєр лави				
Конвеєр штрека				
Маслостанція				

Загальна втрата напруги в дільничній мережі не повинна перевищувати 63 В при напрузі 660 В і 117 В при напрузі 1140 В. Якщо ці умови не виконуються, необхідно при можливості збільшити переріз кабелю комбайна, або магістрального (переріз одного магістрального кабелю не повинен перевищувати 120 мм²), прийняти два магістральні кабелі, які вмикають паралельно або роздільно. Після цього слід перевірити виконання раніше наведеної умови. В окремих випадках виникає необхідність збільшувати переріз як комбайнового, так і магістрального кабелів або приймати підстанцію більшої потужності.

5. Перевірка кабельної мережі при пуску, перевантаженні та загальмуванні

Перевірка кабельної мережі при пуску, перевантаженні та загальмуванні виконується для найбільш потужного та найбільш віддаленого двигуна, тобто двигуна, що має найбільший момент навантаження $PL \rightarrow max$.

Напругу на затискачах двигуна (В) визначають за такими формулами:

– при пуску
$$U_{\text{пуск}} = \frac{(U_o - \Delta U_{\text{н.р}})}{(1 + \gamma_{\text{пуск}})}, ;$$

– при перевантаженні
$$U_{\text{пер}} = \frac{U_o - \Delta U_{\text{н.р}}}{1 + 1,57 \frac{I_{\text{ном.д}}}{U_{\text{ном}}} \cdot e(\sum r + \sum x)} ;$$

– при загальмуванні
$$U_{\text{заг}} = \frac{U_o - \Delta U_{\text{н.р}}}{1 + 0,87 \frac{I_{\text{пуск.ном.}}}{U_{\text{ном}}} \cdot (\sum r + \sum x)},$$

де $\Delta U_{\text{н.р}}$ – втрата напруги в мережі від двигунів, що нормально функціонують у тих елементах мережі, через які живиться двигун, що запускається:

$$\Delta U_{н.р} = (r_T + x_T + r_{км} + x_{км}) \frac{(\sum P_{ном} - P_{ном.д})}{U_{ном}},$$

де r_T , x_T – активний та індуктивний опори трансформатора,

$$r_T = P_k U_o^2 / S_{ном.т}^2 ; \quad z_T = u_k U_o^2 / (100 S_{ном.т}) ; \quad x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} ;$$

$P_{ном.д}$ – номінальна годинна потужність двигуна комбайна; $\gamma_{пуск}$ – параметр пускового режиму,

$$\gamma_{пуск} = \sqrt{3} I_{пуск.ном} \frac{(\sum r \cdot \cos \varphi_{пуск} + \sum x \cdot \sin \varphi_{пуск})}{U_{ном}},$$

тут $I_{пуск.ном}$ – пусковий струм двигуна при номінальній напрузі; $\sum r$, $\sum x$ – відповідно сума активних та індуктивних опорів трансформатора, магістрального кабелю і кабелю відгалуження (комбайнового); $\cos \varphi_{пуск}$ – коефіцієнт потужності двигуна при пуску. Рекомендується приймати $\cos \varphi_{пуск} = 0,5$; ϵ – кратність максимального моменту електродвигуна (паспортна величина). Можна прийняти $\epsilon = 3,2$.

Результат розрахунку вважається задовільним, якщо виконуються вимоги:

$$\frac{U_{пуск}}{U_{ном}} \geq 0,8; \quad \frac{U_{пер}}{U_{ном}} \geq 0,85; \quad \frac{U_{заг}}{U_{ном}} \geq 0,85.$$

Якщо ці вимоги не виконуються, то необхідно збільшити переріз комбайнового кабелю, або магістрального. В окремих випадках приходиться збільшувати переріз обох кабелів, а іноді одночасно приймати трансформаторну підстанцію більшої потужності. Після цього необхідно ще раз перевірити виконання раніше наведеної вимоги.

6. Розрахунок струмів короткого замикання в дільничній мережі

У системах з ізольованою нейтраллю можливі дво- і трифазні короткі замикання. Струм трифазного короткого замикання є максимальним струмом КЗ, величину якого необхідно знати при виборі комутаційної апаратури з урахуванням її вимикальної здатності. Струм двофазного КЗ є мінімальним струмом КЗ, величину якого необхідно знати при перевірці прийнятих уставок максимального захисту.

Розрахунок струмів КЗ виконують у такій послідовності:

- складається схема заміщення дільничної мережі (рис. 1);
- визначаються опори елементів схеми (рис. 1). Допускається не враховувати опори розподільної мережі 6 кВ при потужності дільничної підстанції до 400 кВ·А включно, тобто приймати $r_{р.м} = 0$ і $x_{р.м} = 0$. При потужності підстанції більше 400 кВ·А (прийняти потужність КЗ на ввіді підстанції рівною 48 МВ·А) активний опір розподільної мережі приймати таким, що дорівнює

нулю, тобто $r_{p.m} = 0$. Індуктивний опір високовольтної розподільної мережі у цьому випадку $x_{p.m} = U_o^2 / S_k$, Ом.

Повний, активний та індуктивний опори високовольтної розподільної мережі при $S_k < 50$ МВ·А визначаються за такими формулами:

$$z_{p.m} = \frac{U_o^2}{S_k}; \quad r_{p.m} \approx \frac{1,1}{S_k} - 0,02; \quad x_{p.m} = \sqrt{z_{p.m}^2 - r_{p.m}^2},$$

де $U_o = 0,69$ кВ; S_k – потужність короткого замикання на ввіді дільничної підстанції, МВ·А.

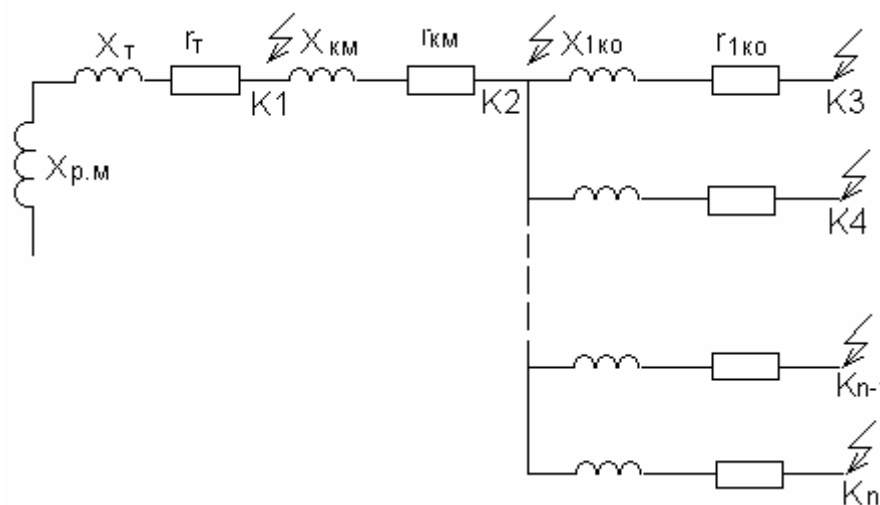


Рис. 1. Схема заміщення

– знаходять струми трифазного короткого замикання (точки К1, К2 ... Кn)

$$I_{k.i}^{(3)} = \frac{U_o}{\sqrt{3}Z_{k.i}}$$

та струми двофазного короткого замикання (точки К2, К3 ... Кn)

$$I_{ki}^{(2)} = \frac{0,95U_o}{2Z_{k.i}},$$

де $Z_{k.i}$ – еквівалентний опір кола до точки К3.

$$Z_{ki} = \sqrt{(\sum r_{ki})^2 + (\sum x_{ki})^2}.$$

Еквівалентний опір кола короткого замикання:

– до точки К1

$$Z_{k1} = \sqrt{(r_{pm} + r_T)^2 + (x_{pm} + x_T)^2};$$

– до точки К2

$$Z_{K2} = \sqrt{[r_{pm} + r_T + r_{km} + 0,005(n+1)]^2 + (x_{pm} + x_T + x_{km})^2},$$

де n – кількість послідовно ввімкнутих комутаційних апаратів до точки КЗ;
 $0,005 \text{ Ом}$ – опір одного комутаційного апарата, а також точки КЗ;
 – до точки КЗ

$$Z_{K3} = \sqrt{[r_{pm} + r_T + r_{km} + r_{ko} + 0,005(n+1)]^2 + (x_{pm} + x_T + x_{km} + x_{ko})^2}.$$

Результати розрахунків записати у табл. 4.

Таблиця 4

Значення струмів КЗ

Струм КЗ	Струми КЗ (А) в точках					
	К1	К2	К3	К4	К5	К6
$I_K^{(3)}$						
$I_K^{(2)}$						

7. Перевірка кабельної мережі за термічною стійкістю

Така перевірка необхідна для забезпечення пожежобезпеки кабелів при дугових коротких замиканнях.

Перевірку виконують за даними табл. Д12 за умови

$$I_T \geq I_{K, \max}^{(3)},$$

де I_T – граничний припустимий короткочасний струм короткого замикання в кабелі, ; $I_{K, \max}^{(3)}$ – максимальний струм трифазного КЗ (А) на початку кабелю, тобто на виводі апарата.

Якщо умова не виконується, то частіше за все приймають кабель більшого перерізу.

8. Перевірка кабельної мережі на стійкість роботи захисту від струмів витоку

Перевірка мережі напругою 380, 660, 1140 В у системі з ізольованою нейтраллю на стійкість роботи загально мережного захисту від струмів витоку на землю виконується за такою умовою:

$$10^{-3} \sum_1^n L_i \leq L_{\text{нрпн}},$$

де $\sum_1^n L_i$ – сумарна довжина кабелів, приєднаних до однієї ПУШП (трансформатора). Якщо магістральний кабель має два паралельно підключених кабелі, то його довжину слід подвоїти; $L_{\text{нрпн}} = 3 \text{ км}$ – гранично

припустима довжина кабелів, що приєднуються до однієї ПУПП (трансформатора).

9. Вибір комутаційних апаратів

Комутаційні апарати (автоматичні вимикачі, магнітні пускачі) вибираються за номінальним струмом $I_{ном.ап}$ та номінальною напругою $U_{ном.ап}$. Повинні виконуватися такі умови:

$$U_{ном.ап} = U_{ном}; \quad I_{ном.ап} \geq I_{нав},$$

де $I_{нав}$ – струм, який протікає через апарат.

Не слід вибирати апарати з великим запасом за струмом, оскільки в цьому випадку буде неминуче завищення уставок спрацьовування захисту. Вибрані апарати повинні бути перевірені на вимикальну здатність. Вимикальна здатність апарата повинна перевищувати не менш ніж у 1,2 раза максимально можливий струм трифазного КЗ (на його затискачах), тобто

$$I_{вим.ап} \geq 1,2I_{\kappa}^{(3)},$$

де $I_{вим.ап}$ – граничний струм вимикання апарата (табл. Д6, Д10).

Іноді пускач, що вибирається, не проходить за вимикальною здатністю, але послідовно до нього приєднані інші захисні апарати (автоматичні вимикачі). У цьому випадку пускач на вимикальну здатність перевіряють за формулою

$$I_{вим.ап} \geq \frac{1,2I_{\kappa}^{(3)}}{n \cdot k},$$

де n – кількість апаратів, що увімкнені послідовно в коло з максимальним струмовим захистом, який спроможний спрацьовувати при струмі $I_{\kappa}^{(3)}$;

$$k = 1 \text{ при } n = 2; \quad k = 1,1 \text{ при } n = 3-4.$$

При цьому необхідно узгодити значення уставки максимального захисту автоматичного вимикача з граничним струмом вимикання магнітного пускача.

$$I_y \leq \frac{I_{вим.ап}}{1,8} = 0,55I_{вим.ап}.$$

При правильному виборі уставок струм короткого замикання, який перевищує $I_{вим.ап}$ магнітного пускача, вимикається автоматичним вимикачем до початку розмикання контактів контактора в магнітному пускачі або одночасно. При цьому гранично припустимі струми пускачів збільшуються.

Станції керування вибирають за призначенням, номінальною напругою мережі та номінальним струмом уводу, кількістю силових відхідних приєднань, номінальним струмом контактора для керування електродвигуном комбайна та вибійного конвеєра і перевіряють на здатність вимкнути найбільший можливий струм трифазного короткого замикання.

10. Вибір уставок захисту

Уставки максимальних струмових реле магнітних пускачів та автоматичних вимикачів вибирають таким чином, щоб захист не спрацьовував при будь-яких нормальних режимах роботи двигунів і разом з тим забезпечував вимикання мережі при короткому замиканні з достатнім запасом надійності, який компенсує помилки при розрахунках.

Струм уставки захисту автоматичного вимикача вибирається за такою умовою:

$$I_y \geq I_{\text{пуск.ном}} + \sum I_{\text{р.ном}}, \text{ А,}$$

де $I_{\text{пуск.ном}}$ – номінальний пусковий струм найбільш потужного електродвигуна; $\sum I_{\text{вим.ап}}$ – сума номінальних робочих струмів усіх інших двигунів

$$\sum I_{\text{р.ном}} = \frac{\sum P_{\text{ном}} - P_{\text{ном.мах}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} .$$

Для магнітного пускача необхідне виконання умови

$$I_y \geq I_{\text{пуск.ном}} .$$

За отриманими значеннями уставок захисту приймають стандартні струмові уставки відповідних апаратів, які повинні бути не менше розрахункових (табл. Д7-9; Д11).

Прийняті уставки максимального захисту, що прийняті, повинні бути перевірені за струмом двофазного КЗ у найбільш віддаленій від комутаційного апарата точці мережі. Повинна виконуватися така вимога:

$$\frac{I_{\text{к}}^{(2)}}{I_y} > 1,5 \text{ (1,25)} .$$

Якщо вимога не виконується, то необхідно підвищити струм двофазного КЗ шляхом збільшення перерізів кабелів (комбайнового, магістрального чи обох одночасно) або заміни трансформаторної підстанції на більш потужну.

Додатки

Таблиця Д1

Технічні дані рудникових пересувних трансформаторних підстанцій

Підстанція	Номинальна потужність, кВ·А	Напруга ХХ, В	
		ВН	НН
ТСВП-100/6	100	6000±5%	690/400
ТСВП-160/6	160		690/400
ТСВП-250/6	250		690/400
ТСВП-400/6	400		690
ТСВП-630/6	630		690/1200
ТСВП-160/6 КП	160		690/400
ТСВП-400/6 КП	400		690
2 ТСВП-160/6 КП	160		690/400
2 ТСВП-400/6 КП	400		690
КТПВ-100/6	100		6000±5%
КТПВ-160/6	160	690/400	
КТПВ-250/6	250	690/400	
КТПВ-400/6	400	690	
КТПВ-630/6	630	690	

Продовження табл. Д1

Підстанція	Номинальний струм, А		Напруга КЗ, %U _{НОМ}	Струм ХХ, %I _{НОМ}	Втрати, Вт		
	ВН	НН			ХХ при U _{НОМ}	КЗ при cos φ=1	
ТСВП-100/6	9,5	83,5/144	3,5	5	940	1270	
ТСВП-160/6	15,4	133/231		3,6	1160	1900	
ТСВП-250/6	24,1	209/362		3,5	1590	2490	
ТСВП-400/6	38,5	335		2,2	2070	3600	
ТСВП-630/6	60,6	527/304		1,5	2690	4700	
ТСВП-160/6 КП	15,4	133,5/231		4,0	1200	1850	
ТСВП-400/6 КП	38,5	334,7		3,6	2000	3600	
2 ТСВП-160/6 КП	15,4	133,4/231		3,6	2,4	700	1450
2 ТСВП-400/6 КП	38,5	334,7		3,4	1,3	1350	2900
КТПВ-100/6	9,5	83,5/144		3,0	2,1	550	1140
КТПВ-160/6	15,4	133/231	3,6	2,0	700	1550	
КТПВ-250/6	24,1	209/362	3,5	1,7	1000	2050	
КТПВ-400/6	38,5	335	3,4	1,5	1270	3800	
КТПВ-630/6	60,6	527	3,6	1,5	2050	4200	

Таблиця Д2

Тривало допустимі струми на кабелі, що прокладаються
в підземних виробках

Переріз основної жили кабелю, мм ²	Марки кабелів і номінальна напруга, кВ						
	Трижильні броньовані з паперовою ізоляцією		ЭВТ		Гнучкі з гумовою і пластмасовою ізоляцією		
			до 1,4	6	КГЭШУ	КГЭШТ	ГРШЭ
	до 1,4	6			до 1,4	до 1,4	до 1,4
2,5	25	—	—	—	—	—	33
4	35	—	—	—	45	57	45
6	45	—	—	—	58	72	58
10	60	54	60	60	75	100	75
16	80	67	85	65	105	127	105
25	105	90	105	90	136	166	136
35	125	110	125	110	168	202	168
50	155	145	155	145	200	249	200
70	200	175	200	200	250	306	250
95	245	215	245	245	290	356	290
120	285	250	—	—	—	—	—
150	330	290	—	—	—	—	—
185	375	325	—	—	—	—	—
240	430	375	—	—	—	—	—

Таблиця Д3

Поправкові коефіцієнти на температуру навколишнього середовища

Нормована температу- ра жил, °С	Поправкові коефіцієнти при фактичній температурі середовища, С ⁰									
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
80	1,25	1,2	1,17	1,13	1,09	1,04	1,0	0,95	0,9	0,85
70	1,29	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1,0	0,94	0,88	0,81
65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79

Таблиця Д4

Активний і індуктивний опори мідних кабелів при температурі 20°C

Переріз жили кабелю, мм ²	Опір, Ом/км				
	Активний		Індуктивний броньованого кабелю на напругу		Індуктивний гнучкого кабелю на напругу до 1000 В
	броньовано- го кабелю	гнучкого кабелю	до 1,2 кВ	до 6 кВ	
4	4,6	4,87	0,095	—	0,101
6	3,07	3,10	0,090	—	0,095
10	1,84	1,96	0,073	0,110	0,092
16	1,15	1,22	0,068	0,102	0,090
25	0,74	0,767	0,066	0,091	0,088
35	0,52	0,539	0,064	0,087	0,084
50	0,37	0,394	0,063	0,083	0,081
70	0,26	0,281	0,061	0,080	0,079
95	0,194	0,202	0,060	0,078	0,078
120	0,153	0,163	0,060	0,076	0,076

Таблиця Д5

Значення коефіцієнтів зведення перерізів кабелів, k_z

Переріз основної жили кабелю, мм ²	Коефіцієнт зведення	Переріз основної жили кабелю, мм ²	Коефіцієнт зведення
Для мереж напругою 380...1140 В (перерізи зведені до 50 мм ²)			
4	12,30	35	1,41
6	8,22	50	1,00
10	4,92	70	0,72
16	3,06	95	0,54
25	1,97	120	0,43
Для мереж напругою 127 В (перерізи зведені до 4 мм ²)			
2,5	1,6	6	0,67
4,0	1,0	10	0,40

Таблиця Д6

Основні технічні параметри магнітних пускачів

Тип пускача	Номинальний струм $I_{ном}$, А	Номинальна напруга $U_{ном}$, В	Комутаційна здатність при, А		$P_{ном}$ д., кВт			Тип захисту	
			Вимиканні (діюче значення)	Вмиканні (амплітудне значення)	380	660	1140	Від струмів КЗ	Від перевантаження
ПВИ – 32БТ ПВИ – 63БТ ПВИ – 125БТ ПВИ – 250БТ	32 63 125 250	380...660	1100 1500 2500 4000	1900 2700 4600 7000	16 32 55 125	28 55 100 200	— — — —	ПМЗ	ТЗП
ПВИ – 32БТМ ПВИ – 63БТМ ПВИ – 125БТМ ПВИ – 250БТМ	32 63 125 250	380...660	1100 1900 2500 4000	1900 2700 4600 7000	16 32 55 125	28 55 100 200	— — — —	БТЗ-3	БТЗ-3
ПРВ – М – 32 ПРВ – М – 63 ПРВ – М – 125 ПРВ – М – 160	32 63 125 160	1140/660	750/1100 1000/1500 1750/2500 2375/3120	1250/1900 1650/2700 2850/4600 4225/5750	— — — —	27 54 107 136	42 92 185 237	БТЗ-3	БТЗ-3
ПРВИ – 63 ПРВИ – 125 ПРВИ – 250	63 125 250	380,660 380,660 1140/660 380,660	2500 2500 3000/4000 4000	2700 4600 5600/7000 7000	32 55 — 120	55 107 210 210	— — 360 —	БКЗ	БКЗ
ПРВИ – 320	320	380,660, 1140/660	4800 3000/4000	8800 5600/7000	160 —	270 270	— 470		
ПРВИ – 400	400	380,660 1140/660	4800 3200/4800	8800 6000/8800	180 —	340 340	— 590		
ПРВИ – 125В	125	380/660 660/1140	2500/4600 4600/2500	4600 4600/2850	63 —	107 107	— 185		
ПРВИ – 160В	160	380/660 660/1140	3120 3120/2375	5750 5750/4225	79 —	136 136	— 237		
ПВИ – 32М ПВИ – 63М	32 63	380 660 380/660 660/1140 380 660 380/660 660/1140	1100 1100 1100 1100/750 1500 1500 1500/1000	1900 1900 1900 1900/1100 2700 2700 2700/1650	16 — 16 — 31 — 31 —	— 27 27 27 — 54 54 93	— — — 47 — — —	ПМЗ	ТЗП
ПВИ – 80М, ПВИ – 80МР ПВИ – 125М, ПВИ – 125МВ ПВИ – 160М ПВИР – 250Т	63 80 125 160 250	380 660 380/660 660/1140 380 660 380/660 660/1140 380 660 380/660 660/1140 380/660	1800 1800 1800 1800/1185 2500 2500 2500 2500/1700 3120 3120 3120 3120/2375 3750	3200 3200 3200 3200/1950 4600 4600 4600 4600/2850 5750 5750 5750 5750/4225 7000	39 — 39 — 62 — 62 — 79 — 79 — 120	— 69 69 69 — 107 107 107 — 137 137 137 210	— — 118 — — — 185 — — — 237 —	ПМЗ	ТЗП
ПРН – 63 ПРН – 100 ПРН – 200	63 100 200	380 380 380	— — —	— — —	32 55 100	— — —	— — —	струмове реле	реле ТРП – 6Л ТРП – 155Л ТРТП – 152

Таблиця Д7

Уставки максимального струмового захисту блока ПМЗ

Тип пускача	Струм уставки, що відповідає умовним одиницям на шкалі блока ПМЗ, А										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПВИ – 32БТ	63	78	93	109	125	140	156	171	187	—	—
ПВИ – 63БТ	125	156	187	218	250	281	312	343	375	—	—
ПВИ – 125БТ	250	312	375	437	500	562	625	687	750	—	—
ПВИ – 250БТ	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	—	—
ПВИ – 32М	63	78	93	109	125	140	156	171	187	203	218
ПВИ – 63М	125	156	187	218	250	281	312	343	375	406	440
ПВИ – 80М,МР	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560
ПВИ – 125М	250	312	375	437	500	562	625	687	750	813	875
ПВИ – 160М	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120

Примітка. Уставки блока СЗП струмового захисту від перевантаження:
0,6; 0,7; 0,8; 0,9 ; 1,0 $I_{ном}$.

Таблиця Д8

Уставка максимального струмового захисту блока БТЗ – 3

Тип пускача	Положення показчика блока і відповідний струм, А										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПВИ – 32БТМ ПРВ – М - 32	63	78	93	109	125	140	156	171	187	203	218
ПВИ – 63БТМ ПРВ – М - 63	125	156	187	218	250	281	312	343	375	406	440
ПВИ – 125БТМ ПРВ – М - 125	250	312	375	437	500	562	625	687	750	813	875
ПРВ – М -160	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120

Примітка. Уставки спрацьовування струмового захисту блока БТЗ – 3 від перевантаження: 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 $I_{ном}$.

Таблиця Д9

Уставки максимального струмового захисту блока БКЗ

Тип пускача	Струм уставки, що відповідає умовним одиницям на шкалі максимального струмового захисту, А										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПРВИ – 63	125	156	187	218	250	281	312	343	375	406	440
ПРВИ – 125	250	312	375	436	500	562	625	687	750	813	875
ПРВИ – 160В	320	400	480	560	640	720	800	880	960	1040	1120
ПРВИ – 250	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1800
ПРВИ – 320	640	800	960	1120	1280	1440	1600	1760	1920	2080	2240
ПРВИ - 400	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800

Примітка. Уставки захисту блока БКЗ від перевантаження: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 $I_{ном}$.

Таблиця Д10

Основні технічні дані автоматичних вимикачів

Тип вимикача	Номінальний струм, А	Комутаційна здатність, кА (діюче значення)	Номінальна напруга, В
АВ – 200ДО	200	17/20	660/380
АВ – 320ДО	320	20/23	660/380
АВ – 320ДО2	320	10	1140
АВ – 315Р	315	20/23	660; 380
АВ – 320Р	320	14/23	660; 380
АВ – 320АПВ	320	20	660
АВ – 400Р1	400	22/27	660; 380
АВ – 400ДО	400	12/22	1140; 660
АВ – 400ДО4	400	17	380; 660
		11	1140;
		11/17	1140/660
АБВ – 250	250	5,5/9	660/380
ВРН – 100	100	13/12	380; 660
ВРН – 200	200	16/13	380; 860
ВРН - 315	315	19/14	380; 660

Уставки максимального струмового захисту автоматичних вимикачів

Тип вимикача	Тип блока МСЗ	Струм уставок, що відповідає поділкам шкали уставок										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
АВ – 200Р АВ – 200ДО	ПМЗ	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	–	–
АВ – 315Р АВ – 320Р АВ – 320ДО АВ – 320ДО2 АВ – 320АПВ		800	1000	1200	1400	6000	1800	2000	2200	2400	–	–
АВ – 400ДО1 при $I_{НОМ}=250А$		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	–	–
		500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	–	–
АВ – 400ДО4		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
АВ – 400Р1	БТЗ-1	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
ВРН – 100	ПМЗ	200	250	300	350	400	450	500	550	600	–	–
ВРН – 200		400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	–	–
ВРН – 315		800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	–	–

Гранично припустимі струми КЗ ($I_{нрпн}$) для різних типів кабелів
з мідними жилами при $\beta_k = 1$, $U_{навк} = 25^\circ\text{C}$

Кабель	Тривало припустима температура нагріву жили, °C	Тип захисного апарата	Гранично припустимий струм КЗ (А) для кабелів з перерізом жили, мм ²						
			4	6	10	16	25	35	50
З паперовою просоченою ізоляцією на напругу 1-6 кВ	80	КРУВ-6	1251	1877	3129	5006	7822	10950	15644
		АВ-250	2308	3461	$\frac{5769*}{10533}$	16853	26332	38865	52664
		АВ-315							
		АВ-400							
З полівінілхлоридною ізоляцією	70	КРУВ-6	1116	1673	2789	4463	6973	9762	13946
		АВ-250	2057	3086	$\frac{5143*}{9390}$	15123	23474	32864	46949
		АВ-315							
		АВ-400							
З гумовою ізоляцією	75	АВ-250	1807	2710	4517	$\frac{7227*}{13190}$	20609	28853	41218
		АВ-315							
		АВ-400							

Примітки. 1. Для КРУВ-6, що встановлені в РПП-6, гранично припустиме значення струму КЗ збільшується на 15%.
2. Гранично припустимі струми КЗ, які розраховані для автоматів АВ, поширюються також на автоматичні вимикачі серії АЗ700У, що вмонтовані в ПУПП. 3. У чисельнику дробі, позначеному зірочкою *, наведені значення струму для автоматичних вимикачів АВ-315 і АВ-400, у знаменнику – для АВ-250.

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

Кафедра систем електропостачання

Контрольна робота
з дисципліни “Електрифікація гірничих робіт”

Виконав студент групи _____

Шифр _____

Дніпропетровськ
200

Білий Михайло Матвійович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
з дисципліни “Електрифікація гірничих робіт”**

для студентів заочної форми навчання напрямів підготовки
050701 спеціальності Системи електроспоживання гірничих підприємств
та 050702 спеціальності Електромеханічне обладнання енергоємних
виробництв

Редактор Л.О. Чуїщева

Підписано до друку 15.10.08. Формат 30x42/4.
Папір офсет. Ризографія . Ум. друк. арк. 1,3
Обл.-вид. арк. 1.3. Тираж 100 прим. Зам. №

Національний гірничий університет
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К.Маркса, 19.