

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ЗАВДАННЯ

до практичних занять
із навчальної дисципліни

**«МОНТАЖ, НАЛАДКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ»**

*(для студентів 3 та 4 курсів денної і заочної форм навчання
за спеціальністю 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(фахове спрямування «Електротехнічні системи електроспоживання»))*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021**

Методичні рекомендації та завдання до практичних занять із навчальної дисципліни «Монтаж, наладка та експлуатація електрообладнання» (для студентів 3 та 4 курсів денної і заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (фахове спрямування «Електротехнічні системи електроспоживання»)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. Г. Воропай, В. О. Коробка, І. Є. Щербак. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 35 с.

Укладачі: ст. викл. **В. Г. Воропай,**

ст. викл. **В. О. Коробка,**

канд. техн. наук, асистент **І. Є. Щербак**

Рецензенти:

В. Є. Плюгін, доктор технічних наук, професор Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

В. М. Гаряжа, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою систем електропостачання та електроспоживання міст, протокол № 10 від 18.06.2019.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
ЗАНЯТТЯ 1 ВИБІР ТИПІВ ТА РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НЕОБХІДНОГО ДЛЯ МОНТАЖУ ЗАДАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	5
1.1 Розрахунок кількості елементів необхідних для монтажу ПЛ	6
1.2 Розрахунок кількості елементів необхідних для монтажу підстанції 35/10 кВ	10
1.3 Розрахунок кількості елементів необхідних для монтажу підстанцій 10/0,4 кВ	11
ЗАНЯТТЯ 2 РОЗРАХУНОК ТРУДОМІСТКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ.....	12
2.1 Розрахунок трудомісткості експлуатації повітряних ліній	13
ЗАНЯТТЯ 3 РОЗРАХУНОК ТРУДОМІСТКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЙ.....	17
3.1 Розрахунок трудомісткості експлуатації обладнання підстанції 35/10 кВ.....	17
3.2 Розрахунок трудомісткості експлуатації силових трансформаторів 35/10 кВ.....	19
3.3 Розрахунок трудомісткості експлуатації силових трансформаторів 10/0,4 кВ.....	20
3.4 Розрахунок трудомісткості експлуатації підстанцій 10/0,4 кВ.....	21
ЗАНЯТТЯ 4 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПЕРСОНАЛУ	24
ЗАНЯТТЯ 5 СКЛАДАННЯ ГРАФІКА РОБІТ РЕМОНТНОГО ЦИКЛУ	26
ЗАНЯТТЯ 6 РОЗРАХУНОК РІЧНОГО АВАРІЙНОГО ЗАПАСУ	29
ЗАНЯТТЯ 7 СКЛАДАННЯ ГРАФА ОПЕРАТИВНИХ ПЕРЕМИКАНЬ НА ПІДСТАНЦІЇ 35/10 КВ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32
Додаток А Вихідні дані до практичних занять	33

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою практичних занять є поглиблення і закріплення лекційного матеріалу, навчання студентів основним методикам вирішення задач монтажу та експлуатації електричних мереж і набуття студентами навичок самостійної роботи з довідниковою інформацією.

На першому практичному занятті доводять до відома студентів графік роботи, а також видають кожному студенту індивідуальне завдання для виконання розрахунків необхідних для монтажу та експлуатації електричних мереж. Успіх практичних занять цілком залежить від методики і рівня їх проведення, підготовки та активності студентів, що варто всіляко заохочувати.

Перед початком занять роблять стисле опитування за теоретичним матеріалом даної теми, формулюють ціль заняття та методику його проведення. Після розбору методики, тему закріплюють рішенням конкретних прикладів. Наприкінці кожного практичного заняття студентам визначають обсяг домашнього завдання, повідомляють тему наступного заняття і вказують, який теоретичний матеріал необхідно опрацювати до цього заняття, рекомендують відповідні джерела інформації та методичні посібники кафедри. Контроль за виконанням індивідуальних завдань здійснюється на кожному занятті.

Робота студентів на практичних заняттях і виконання ними індивідуальних завдань враховуються при модульному контролі успішності. За кожне правильно виконане індивідуальне завдання студент може отримати максимум 4 бали згідно з робочою програмою дисципліни. Отримані бали входять складовою як у поточну так і в підсумкову атестацію студента. За набраною кількістю балів за всі види робіт протягом семестру згідно з робочою програмою дисципліни студент отримує оцінку «зараховано», «не зараховано з можливістю повторного складання», або «не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни».

Для проведення індивідуальних консультацій виділений спеціальний час.

ЗАНЯТТЯ 1 ВИБІР ТИПІВ ТА РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НЕОБХІДНОГО ДЛЯ МОНТАЖУ ЗАДАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Сучасна система електропостачання має одну або дві магістральних повітряних ліній (ПЛ) 35 кВ, що живлять підстанцію 35/10 кВ, а також лінії 10 кВ, що відходять від підстанції 35/10 кВ, підстанцій 10/0,4 кВ та лінії 0,38 кВ. На першому занятті виконаємо вибір типів та розрахуємо кількість електрообладнання необхідного для монтажу заданої системи електропостачання.

Типи електрообладнання та їх характеристики необхідного для монтажу вибираємо з довідникової літератури, наприклад [5]. Кількість елементів в реальних умовах експлуатації можуть бути визначені з паспортів ліній і підстанцій або врешті решт шляхом обстеження схеми електропостачання. Кількість елементів можна визначити приблизно на основі досвіду і знань прослуханих електротехнічних курсів, а також використовуючи ці методичні рекомендації.

Для монтажу ПЛ необхідні такі елементи: провід, опори, анкерні опори, приставки, ізолятори, трос, місця з'єднання проводів, розрядники, заземлення, кабельні ділянки, кінцеві кабельні муфти, роз'єднувачі з їхніми приводами, пункти секціонування з відокремлювачами або масляними вимикачами, пристрої автоматичного вводу резерву та ін.

Для розрахунків можна вважати, що на ПЛ 35 кВ довжина прольоту 100...120 м. ПЛ 35 кВ на дерев'яних опорах по два підвісних ізолятори в гірлянді, на залізобетонних і металевих опорах – по три. Анкерні опори ставляться через 4...5 км, а також наприкінці й початку лінії, переходи – через 8...10 км. Тросом захищаються підходи до підстанцій довжиною 1,5...2 км ліній на дерев'яних опорах. Місця з'єднання проводу пресовані, болтові та методом зварювання, їх кількість залежить від будівельної довжини проводу. Розрядники

встановлюють по обидва боки переходів і на початку й наприкінці тросової ділянки. Заземлюють усі залізобетонні й металеві опори, а також трубчасті розрядники, роз'єднувачі та ін. Комутуючі апарати на ПЛ 35 кВ не ставляться, якщо не має відгалужень.

Для ПЛ 10 кВ довжина прольоту 70...80 м, ізолятори штирьові, анкерні опори через 2,5 км, тросового захисту немає, кількість з'єднань проводів залежить від будівельної довжини проводу, переходи через 4...5 км, розрядники трубчасті по обидва боки переходів, а також перед підстанцією та за 200 м до підстанції, заземлюються розрядники і металеві частини апаратів, роз'єднувачі ставляться для відключення відгалужень, довжина яких перевищує 2,5 км.

Для ПЛ 0,38 кВ довжина прольоту 40...50 м, ізолятори штирьові, можна прийняти в середньому чотирипровідні лінії, опори з підкосами через кожні 500 м, заземлені опори через кожні 120...200 м, комутуючих апаратів немає.

1.1 Розрахунок кількості елементів необхідних для монтажу ПЛ

Кількість анкерних опор обчислюють за формулою:

$$N_a = \frac{l}{l_a} + n_l, \quad (1.1)$$

де l – загальна довжина ліній, км;

l_a – довжина анкерного проміжку, км (для ПЛ 35 кВ $l_a = 4...5$ км, для ПЛ 10 кВ $l_a = 2,5$ км);

n_l – кількість ліній, шт.

Кількість проміжних опор обчислюють за формулою:

$$N_n = \frac{l}{l_n} - N_a, \quad (1.2)$$

де l_n – довжина прольоту, км (для ПЛ 35 кВ $l_n = 80 \dots 100$ м, для ПЛ 10 кВ $l_n = 70 \dots 80$ м, для ПЛ 0,38 кВ $l_n = 40 \dots 50$ м).

Довжину проводів обчислюють за формулою:

$$L_n = n_n \cdot l, \text{ км}, \quad (1.3)$$

де n_n – кількість проводів, шт. (для ПЛ 35 і 10 кВ $n_n = 3$, для ПЛ 0,38 кВ $n_n = 4$).

Кількість з'єднань проводів обчислюють за формулою:

$$N_z = \frac{L_n}{l_6}, \quad (1.4)$$

де l_6 – будівельна довжина проводу, км [5].

Кількість ізоляторів обчислюють за формулою:

$$N_{iz} = n_z \cdot n_n (N_n + 2N_a), \quad (1.5)$$

де n_z – кількість ізоляторів в гірлянді, шт. (для ПЛ 35 кВ на металевих та залізобетонних опорах $n_z = 3$, на дерев'яних опорах $n_z = 2$, для ПЛ 10 та 0,38 кВ $n_z = 1$).

Кількість переходів обчислюють за формулою:

$$N_{пер} = \frac{l}{l_{пер}}, \quad (1.6)$$

де $l_{пер}$ – віддаль між двома сусідніми переходами, км (для ПЛ 35 кВ $l_{пер} = 8...10$ км, для ПЛ 10 кВ $l_{пер} = 4...5$ км).

Кількість тросових дільниць обчислюють за формулою:

$$N_{тр.д} = 2 \cdot n_l, \quad (1.7)$$

де n_l – кількість ПЛ 35 кВ, шт.

Кількість розрядників обчислюють за формулою:

$$N_p = n_n \cdot (2N_{пер} + 2N_{тр.д}). \quad (1.8)$$

Кількість заземлень обчислюють за формулами:

- для ПЛ 35 та ПЛ 10 кВ на дерев'яних опорах:

$$N_{зз} = \frac{N_p}{n_n}; \quad (1.9a)$$

- для ПЛ на металевих та залізобетонних опорах:

$$N_{зз} = N_a + N_n; \quad (1.9б)$$

- для ПЛ 0,38 кВ:

$$N_{зз} = \frac{N_n}{5}. \quad (1.9в)$$

Довжину грозозахисного троса обчислюють за формулою:

$$L_m = N_{тр.д} \cdot l_{тр.д}, \text{ км}, \quad (1.10)$$

де $l_{тр.д}$ – довжина однієї тросової ділянки, км ($L_{тр.д} = 1,5 \dots 2$ км).

Кількість підкосів обчислюють за формулою:

$$N_{нк} = \frac{l}{l_{нк}}, \quad (1.11)$$

де $l_{нк} = 0,5$ км – віддаль між двома сусідніми опорами з підкосами.

Кількість залізобетонних приставок обчислюють за формулами:

– для ПЛ 35 кВ на дерев'яних опорах:

$$N_{np} = 2 \cdot (2N_a + N_n); \quad (1.12a)$$

– для ПЛ 10 кВ на дерев'яних опорах:

$$N_{np} = 2N_a + N_n; \quad (1.12б)$$

– для ПЛ 0,38 кВ на дерев'яних опорах:

$$N_{np} = N_{нк} + N_n. \quad (1.12в)$$

Реалізацію формул (1.1 – 1.12) для ПЛ різних класів напруги доцільно виконувати на персональному комп'ютері за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. Для чого необхідно у стовпчик «А» вводити номер елемента мережі, в стовпчик «В» вводити назву елемента мережі, в стовпчик «С» вводити характеристику елемента мережі, в стовпчику «D» організувати реалізацію відповідної формули для підрахунку кількості електрообладнання даного виду, у стовпчик «Е» вводити одиниці вимірювання електрообладнання даного виду, а у стовпчики «F» та «G» вводити вихідні дані (див. рис. 1.1).

Microsoft Excel - Graf03Lena.xls

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

Arial Cyr 12 Ж К Ч

F33 214

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Таблиця 8.1 - Розрахунок кількості електрообладнання, що підлягає експлуатації							
2		ПЛ 35 кВ							
3		Назва елемента	Характеристика елемента	Кількість	Один.вимір.	I, км	Дані		
4	1	Анкерні опори	АУ - 1Ц - ЖБ - с	5,5	шт.	22	4		
5	2	Проміжні опори	П - 1Ц - ЖБ - с	200	шт.	22	0,11		
6	3	Залізобетонні приставки		422	шт.	22			
7	4	Провід	АС 35/6,2	66	км	22	3		
8	5	З'єднання проводів	Зварне	17	шт.	22	4		
9	6	Ізолятори	ПС - 70 - Б	1899	шт.	3	3		
10	7	Переходи	Через інженерні споруди	6	шт.	50	9		
11	8	Розрядники	РТВ - 35/2 - 10	42	шт.				
12	9	Заземлення	R<=10 Ом	42	шт.				
13	10	Грозозахисний трос	С 25	4	км	2	2		
14		ПЛ 10 кВ							
15		Назва елемента	Характеристика елемента	Кількість	Один.вимір.	I, км	Дані		
16	1	Анкерні опори	А - 1Ц - Д - с	60	шт.	150	2,5		
17	2	Проміжні опори	П - 1Ц - Д - с	2142,857	шт.	150	0,07		
18	3	Залізобетонні приставки		2263	шт.	150			
19	4	Провід	АС 25/4,2	450	км	150	3		
20	5	З'єднання проводів	Зварне	113	шт.	150	4		
21	6	Ізолятори	ШС - 10 - А	6789	шт.	3	1		
22	7	Переходи	Через інженерні споруди	9	шт.	35,6	4		
23	8	Розрядники	РТВ - 10/2 - 12	54	шт.				
24	9	Заземлення	R<=10 Ом	54	шт.				

Готово

Пуск Total Commander 7.02 - ... X11met_ua.doc - Micros... Microsoft Excel - Graf...

NUM 12:19

Рисунок 1.1 – Вигляд монітора під час розрахунку кількості елементів ПЛ

1.2 Розрахунок кількості елементів необхідних для монтажу підстанції 35/10 кВ

Для монтажу підстанцій необхідні такі основні елементи: конденсатор зв'язку, високочастотний загороджувач, підвісні та опорні ізолятори, шини, зварені, пресовані і болтові з'єднання шин, прохідні ізолятори, роз'єднувачі, масляні вимикачі, відокремлювачі, короткозамикачі, запобіжники, розрядники, силовий трансформатор, трансформатори струму, напруги, власних потреб, КРП (металеві конструкції), кола релейного захисту і вторинної комутації, заземлення.

Для точного урахування всіх елементів підстанції 35/10 кВ необхідно накреслити схему головної комутації підстанції, а кількість комірок 10 кВ обчислюють за формулою:

$$N_{\kappa} = n_m \cdot 4 + n_{л10кВ}, \text{ шт.}, \quad (1.13)$$

де n_m – кількість трансформаторів 35/10 кВ, шт.;

$n_{л10кВ}$ – кількість ліній 10 кВ, шт.

1.3 Розрахунок кількості елементів необхідних для монтажу підстанцій 10/0,4 кВ

Підстанції 10/0,4 кВ вважаємо комплектними, що складаються з таких основних елементів: силового трансформатора та власне підстанції з усім обладнанням.

Все електрообладнання, вибране та розраховане на першому практичному занятті, необхідне для монтажу системи електропостачання слід оформити у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Обладнання, необхідне для монтажу системи електропостачання

№ з/п	Назва	Характеристика елемента	Кількість	Одиниці вимір.
ПЛ 35 кВ				
1	Опори проміжні	П-1Ц-М-С	203	шт.
2	Опори анкерні			

ЗАНЯТТЯ 2 РОЗРАХУНОК ТРУДОМІСТКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ

Для розрахунку трудомісткості експлуатації необхідно знати структуру ремонтного циклу і його періодичність. Відповідно до ПТЕ п. 5.7.1 та 5.7.16 [1] на повітряних лініях повинні проводитися огляди, технічне обслуговування і капітальний ремонт. Періодичність рекомендується така: ОГЛЯДИ – не рідше 1 разу на рік, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ – не рідше 1 разу на 2,5 роки, КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ – не рідше 1 разу на 5 років для ПЛ на дерев'яних опорах, 1 разу на 5 років і один раз на 10 років відповідно – на залізобетонних і металевих опорах [2].

Крім планових, ПТЕ п. 5.7.17 регламентує проведення і позачергових оглядів:

а) при утворенні на проводах і тросах ожеледі, при танку проводів, під час льодоходу і розливу рік і інших стихійних лих;

б) після автоматичного відключення ПЛ релейним захистом.

Відповідно до ПТЕ п. 5.7.26 огляд силових трансформаторів без їхнього відключення повинний провадитися в такі терміни:

а) в установках з постійним чергуванням персоналу головних трансформаторів – 1 раз на добу, інших 1 раз на тиждень;

б) в установках без постійного чергування персоналу – не рідше, ніж 1 раз на місяць, а в трансформаторних пунктах – не рідше, ніж 1 раз на 6 місяців.

Поточний ремонт повинний проводитися:

головних трансформаторів – не рідше ніж 1 раз на 2 роки, трансформаторів з РПН – щорічно, інших – не рідше одного разу на 4 роки.

Капітальний ремонт повинний проводитися за результатами випробувань (приблизно 1 раз на 12 років). Параметр потоку відмов трансформаторів $\omega = 0,034$ відмови/(шт.·рік).

Капітальний ремонт високовольної апаратури повинний проводитися раз на 6 років, поточний ремонт – 1 раз на рік.

Огляд підстанції 35/10 кВ проводиться раз на місяць, підстанцій 10/0,4 кВ – один раз на 6 місяців.

Параметр потоку відмов устаткування підстанцій 10/0,4 кВ $\omega = 0,6$ відмов/(п. ст.·рік), підстанцій 35/10 кВ – $\omega = 3$ відмови/(п.ст.·рік).

Параметр потоку відмов ПЛ 35 кВ $\omega = 0,1$ відмова/(100 км·рік), ПЛ 10 кВ – $\omega = 0,234$ відмови/(100 км·рік), ПЛ 0,38 кВ – $\omega = 3,34$ відмови/(100 км·рік).

2.1 Розрахунок трудомісткості експлуатації повітряних ліній

Трудомісткість огляду повітряних ліній обчислюють за формулою:

$$Z_o = k_U \cdot k_o \cdot H_n \cdot T_{пл} \cdot n_n \cdot l, \text{ люд.-год.}, \quad (2.1)$$

де k_U – коефіцієнт, що показує збільшення трудомісткості експлуатації ліній напругою більше 1000 В (для ПЛ 35 і 10 кВ $k_U = 1,3$);

k_o – коефіцієнт, що показує, яку частину норми трудомісткості витрачають на огляд в порівнянні з капітальним ремонтом ($k_o = 0,075$);

H_n – норма трудомісткості капітального ремонту 1 км однопровідної лінії, виконаної даним перерізом проводу із застосуванням даних опор, люд.-год. (норма трудомісткості ремонту ліній можна взяти з таблиці 2.1 або з [3]);

$T_{пл}$ – ремонтний цикл ПЛ, роки (для ПЛ на дерев'яних опорах $T_{пл} = 5$ років, для ПЛ на залізобетонних та металевих опорах $T_{пл} = 10$ років).

Таблиця 2.1 – Норма трудомісткості капітального ремонту ліній електропередавання

Найменування лінії та матеріал опор	Площа поперечного перерізу, мм ²	Норма трудомісткості капітального ремонту, люд.-год.
Повітряні лінії до 1000 В на дерев'яних опорах на 1000 м однолінійного проводу перерізом:	до 35 мм ²	30
	50 мм ²	40
	70 мм ²	50
	95 мм ² і більше	60
Повітряні лінії до 1000 В на металевих і залізобетонних опорах на 1000 м однолінійного проводу перерізом:	до 35 мм ²	20
	50 мм ²	30
	70 мм ²	40
	95 мм ² і більше	50
Кабельні лінії, прокладені в землі, на 1000 м перерізом:	16...35 мм ²	50
	50...70 мм ²	75
	95...120 мм ²	90
	150...185 мм ²	120
	240 мм ²	160

Примітка 1. Норми трудомісткості капітального ремонту ПЛ 35 кВ і ПЛ 10 кВ приймаються з коефіцієнтом 1,3.

Примітка 2. Норми трудомісткості технічного обслуговування приймаються з коефіцієнтом 0,3 норм капітального ремонту.

Примітка 3. Норми трудомісткості оглядів приймаються з коефіцієнтом 0,075 норм капітального ремонту.

Примітка 4. Вплив відмов на збільшення трудомісткості експлуатації варто враховувати так:

Відмова ПЛ потребує позачергового огляду половини ПЛ і капітального ремонту двох прольотів.

Трудомісткість технічного обслуговування повітряних ліній обчислюють за формулою:

$$Z_{mo} = 2 \cdot k_U \cdot k_{mo} \cdot H_n \cdot n_n \cdot l, \text{ люд.-год.}, \quad (2.2)$$

де k_{mo} – коефіцієнт технічного обслуговування, який показує у скільки разів зменшиться трудомісткість обслуговування в порівнянні з капітальним ремонтом ($k_{mo} = 0,3$).

Трудомісткість капітального ремонту повітряних ліній обчислюють за формулою:

$$Z_{кр} = k_U \cdot H_n \cdot n_n \cdot l, \text{ люд.-год.} \quad (2.3)$$

Сумарна трудомісткість експлуатації ліній становитиме

$$Z_{пл} = Z_o + Z_{mo} + Z_{кр}, \text{ люд.-год.} \quad (2.4)$$

Розрахунок трудомісткості експлуатації (формули (2.1) – (2.3)) доцільно виконувати на персональному комп'ютері за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. Для чого необхідно у стовпчик «А» вводити номер елемента мережі, в стовпчик «В» вводити вид експлуатаційних робіт, в стовпчик «D» вводити коефіцієнт напруги, в стовпчик «Е» – коефіцієнт даного виду експлуатаційних робіт, у стовпчик «F» – норму трудомісткості, у стовпчик «G» – кількість даного виду експлуатаційних робіт за ремонтний цикл, у стовпчик «Н»– кількість проводів ПЛ, у стовпчик «I»– загальну довжину ПЛ, а у стовпчику «J» організувати реалізацію відповідної формули для підрахунку трудомісткості певного виду експлуатаційних робіт (див. рис. 2.1). Формулу (2.4) реалізують у стовпчику «J».

Microsoft Excel - Graf03Lena.xls

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

Arial Cyr 12 Ж К Ч

J3 =D3*E3*F3*G3*H3*I3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Таблиця 2.1 - Розрахунок трудомісткості експлуатації електрообладнання										
2											
3	1	ПЛ 35 кВ	ku	ko	Нп, год.	рем. цикл	п, шт.	l, км		З, год.	
4	1,1	Огляд	1,3	0,075	40	10	3	50		5850,0	
5	1,2	Техн. обслуговув.	1,3	0,3	40	2	3	50		4680,0	
6	1,3	Капітальний рем.	1,3	1	40	1	3	50		7800,0	
7		Всього:								18330,0	
8	2	ПЛ 10 кВ	ku	ko	Нп, год.	Тпл, роки	п, шт.	l, км		З, год.	
9	2,1	Огляд	1,3	0,075	30	10	3	8		702,0	
10	2,2	Техн. обслуговув.	1,3	0,3	30	2	3	8		561,6	
11	2,3	Капітальний рем.	1,3	1	30	1	3	8		936,0	
12		Всього:								6255,6	
13	2	ПЛ 0,4 кВ	ku	ko	Нп, год.	Тпл, роки	п, шт.	l, км		З, год.	
14	2,1	Огляд	1,0	0,075	30	10	4	214		19260,0	
15	2,2	Техн. обслуговув.	1,0	0,3	30	2	4	214		15408,0	
16	2,3	Капітальний рем.	1,0	1	30	1	4	214		25680,0	
17		Всього:								60348,0	

Готово

Рисунок 2.1 – Вигляд монітора під час розрахунку трудомісткості експлуатації ПЛ

ЗАНЯТТЯ 3 РОЗРАХУНОК ТРУДОМІСТКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЙ

3.1 Розрахунок трудомісткості експлуатації обладнання підстанції 35/10 кВ

З обладнанням підстанції 35/10 кВ в плановому порядку виконують такі види експлуатаційних робіт: огляд, поточний та капітальний ремонт.

Під час виконання третього практичного заняття обчислимо трудомісткість експлуатації таких основних елементів підстанції 35/10 кВ: роз'єднувачів 35 кВ, вимикачів 35 кВ, комірок розподільної установки 10 кВ, силових трансформаторів 35/10 кВ.

Трудомісткість огляду i -того елемента підстанції обчислюють за формулою:

$$Z_o = H_o \cdot T_{n.cm.} (12 \cdot n_i + n_i \cdot \omega_i), \text{ люд.-год.}, \quad (3.1)$$

де H_o – норма трудомісткості огляду даного елемента підстанції, люд.-год. [3], або таблиця 3.1;

$T_{n.cm.}$ – ремонтний цикл даного елемента підстанції, роки;

n_i – кількість даних елементів на підстанції, шт.;

ω_i – параметр потоку відмов i -того елемента підстанції, відмова/(шт.·рік).

Трудомісткість поточного ремонту i -того елемента підстанції обчислюють за формулою:

$$Z_{np} = H_{np} \cdot T_{n.cm.} (n_i + n_i \cdot \omega_i), \text{ люд.-год.}, \quad (3.2)$$

де H_{np} – норма трудомісткості поточного ремонту даного елемента підстанції, люд.-год. (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Норми трудомісткості експлуатації елементів підстанції

Назва елемента	Норма трудомісткості, люд.-год.		
	капітального ремонту	поточного ремонту	огляду
Силові трансформатори потужністю 100 кВ·А, напругою 10/0,4 кВ	150	30	2
Силові трансформатори потужністю 2500 кВ·А, напругою 35/10 кВ	600	117	9
Комплектні комірки 10 кВ	300	81	6
Роз'єднувачі 35 кВ із номінальним струмом до 630 А	20	6	1
Масляні вимикачі 35 кВ	200	60	5
Розрядники 35 кВ, запобіжники	4	2	–
Підстанції однострансформаторні зовнішнього встановлення до 10 кВ потужністю 250...400 кВ·А	360	100	8
Пристрої заземлення підстанції, (один контур)	50	–	–

Примітка 1. Норми трудомісткості ремонту комплектних двотрансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ збільшуються введенням коефіцієнта 1,8.

Примітка 2. Вплив відмов на збільшення трудомісткості експлуатації варто враховувати так:

- Відмова підстанції потребує позачергового огляду комірки 10 кВ і їх поточного ремонту або огляду і поточного ремонту КТП 10/0,4 кВ;
- Відмова трансформатора потребує позачергового огляду і капітального ремонту трансформатора.

Трудомісткість капітального ремонту і-того елемента підстанції обчислюють за формулою:

$$Z_{кр} = H_{кр} \cdot n_i, \text{ люд.-год.}, \quad (3.3)$$

де $H_{кр}$ – норма трудомісткості капітального ремонту даного елемента підстанції, год. (табл. 3.1).

Сумарну трудомісткість експлуатації і-того елемента підстанції обчислюють за формулою:

$$Z_{n/cm} = Z_o + Z_{np} + Z_{кр}, \text{ люд.-год.} \quad (3.4)$$

3.2 Розрахунок трудомісткості експлуатації силових трансформаторів 35/10 кВ

Трудомісткість огляду силових трансформаторів 35/10 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_o = H_o \cdot T_{mr.} (12 \cdot n_i + n_i \cdot \omega_i), \text{ люд.-год.}, \quad (3.5)$$

де H_o – норма трудомісткості огляду силових трансформаторів 35/10 кВ, люд.-год. (табл. 3.1);

$T_{mr.}$ – ремонтний цикл силових трансформаторів 35/10 кВ, роки;

n_i – кількість силових трансформаторів 35/10 кВ, шт.;

ω_i – параметр потоку відмов силових трансформаторів 35/10 кВ, відмова/(шт.·рік).

Трудомісткість поточного ремонту силових трансформаторів 35/10 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_{np} = H_{np} \cdot T_{mr.} \cdot n_i, \text{ люд.-год.}, \quad (3.6)$$

де H_{np} – норма трудомісткості поточного ремонту силових трансформаторів 35/10 кВ, люд.-год. (табл. 3.1).

Трудовістіксті капітального ремонту силових трансформаторів 35/10 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_{кр} = H_{кр} \cdot n_i, \text{ люд.-год.}, \quad (3.7)$$

де $H_{кр}$ – норма трудовістіксті капітального ремонту силових трансформаторів 35/10 кВ, люд.-год. (табл. 3.1);

Сумарну трудовістіксті експлуатації силових трансформаторів 35/10 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_{mp} = Z_o + Z_{np} + Z_{кр}, \text{ люд.-год.} \quad (3.8)$$

3.3 Розрахунок трудовістіксті експлуатації силових трансформаторів 10/0,4 кВ

Трудовістіксті огляду силових трансформаторів 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_o = H_o \cdot T_{mp} \cdot (2 \cdot n_i + n_i \cdot \omega_i), \text{ люд.-год.}, \quad (3.9)$$

де H_o – норма трудовістіксті огляду силових трансформаторів 10/0,4 кВ, люд.-год. (табл. 3.1);

T_{mp} – ремонтний цикл силових трансформаторів 10/0,4 кВ, роки;

n_i – кількість силових трансформаторів 10/0,4 кВ, шт.;

ω_i – параметр потоку відмов силових трансформаторів 10/0,4 кВ, відмова/(шт.·рік).

Трудовістіксті поточного ремонту силових трансформаторів 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$З_{np} = H_{np} \cdot 3 \cdot n_i, \text{ люд.-год.}, \quad (3.10)$$

де H_{np} – норма трудовістіксті поточного ремонту силових трансформаторів 10/0,4 кВ, люд.-год. (табл. 3.1).

Трудовістіксті капітального ремонту силових трансформаторів 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$З_{кр} = H_{кр} \cdot (n_i + T_{mr.} \cdot n_i \cdot \omega_i), \text{ люд.-год.}, \quad (3.11)$$

де $H_{кр}$ – норма трудовістіксті капітального ремонту силових трансформаторів 10/0,4 кВ, люд.-год. (табл. 3.1).

Сумарну трудовістіксті експлуатації силових трансформаторів 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$З_{mr} = З_o + З_{np} + З_{кр}, \text{ люд.-год.} \quad (3.12)$$

3.4 Розрахунок трудовістіксті експлуатації підстанцій 10/0,4 кВ

Трудовістіксті огляду підстанцій 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$З_o = H_o \cdot T_{n.cm.} (2 \cdot n_i + n_i \cdot \omega_i), \text{ люд.-год.}, \quad (3.13)$$

де H_o – норма трудовістіксті огляду підстанцій 10/0,4 кВ, люд.-год;

$T_{n.cm.}$ – ремонтний цикл підстанцій 10/0,4 кВ, роки;

n_i – кількість підстанцій 10/0,4 кВ, шт.;

ω_i – параметр потоку відмов підстанцій 10/0,4 кВ, відмова/(шт.·рік).

Трудовітність поточного ремонт підстанцій 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_{np} = H_{np} (2 \cdot n_i + n_i \cdot T_{n.ct.} \cdot \omega_i), \text{ люд.-год.}, \quad (3.14)$$

де H_{np} – норма трудовітності поточного ремонту підстанцій 10/0,4 кВ, люд.-год.

Трудовітність капітального ремонту підстанцій 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_{кр} = H_{кр} \cdot n_i, \text{ люд.-год.}, \quad (3.15)$$

де $H_{кр}$ – норма трудовітності капітального ремонту підстанції 10/0,4 кВ, люд.-год. (табл. 3.1);

Сумарну трудовітність експлуатації підстанцій 10/0,4 кВ обчислюють за формулою:

$$Z_{n.ct.} = Z_o + Z_{np} + Z_{кр}, \text{ люд.-год.} \quad (3.16)$$

Розрахунок трудовітності експлуатації (формули (3.1) – (3.15)) можна вести на персональному комп'ютері за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. Для чого необхідно у стовпчик «А» вводити номер елемента мережі, в стовпчик «В» вводити вид експлуатаційних робіт, у стовпчик «Е» – норму трудовітності, у стовпчик «F» – кількість обладнання даного виду, у стовпчик «G» – ремонтний цикл, а у стовпчику «J» організувати реалізацію відповідної формули для підрахунку трудовітності експлуатації (див. рис. 3.1). Формулу (3.16) реалізують у стовпчику «J».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
28	6	Трансформатор 35/10 кВ		Н, год.	н, шт.	Т, роки	ω_i			3, год.
29	6,1	Огляд		9	2	8	0,034			1733
30	6,2	Поточий ремонт		117	2	8	0,034			1872
31	6,3	Капітальний ремонт		600	2	8	0,034			1200
32	Всього:									4804,9
33	7	Ячейки п/ст 35/10 кВ		Н, год.	н, шт.	Т, роки	ω_i			3, год.
34	7,1	Огляд		6	14	6	3			7560
35	7,2	Поточий ремонт		81	14	6	3			27216
36	7,3	Капітальний ремонт		300	14	6	3			4200
37	Всього:									38976,0
38	8	Трансформатор 10/0,4 кВ		Н, год.	н, шт.	Т, роки	ω_i			3, год.
39	8,1	Огляд		2	56	12	0,034			2734
40	8,2	Поточий ремонт		30	56	12	0,034			5040
41	8,3	Капітальний ремонт		150	56	12	0,034			11827
42	Всього:									19600,9
43	9	Підстанція 10/0,4 кВ		Н, год.	н, шт.	Т, роки	ω_i			3, год.
44	9,1	Огляд		8	56	6	0,6			6989
45	9,2	Поточий ремонт		100	56	6	0,6			31360
46	9,3	Капітальний ремонт		360	56	6	0,6			20160
47	Всього:									58508,8

Рисунок 3.1 – Вигляд монітора під час розрахунку трудомісткості експлуатації обладнання підстанцій

ЗАНЯТТЯ 4 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПЕРСОНАЛУ

Для проведення усіх видів ремонтів, оглядів, перевірок, випробувань і технічного обслуговування необхідно мати експлуатаційний персонал. Кількість робітників, необхідних для цього обчислюють за формулою:

$$H = \frac{\frac{Z_{дер.пл}}{T_{дер.пл}} + \frac{Z_{мет.пл}}{T_{мет.пл}} + \sum_{i=1}^n \frac{Z_e}{T_i} + \sum \frac{Z_{тр}}{T_{тр}} + \frac{Z_{н/см}}{T_{н/см}}}{\Phi}, \text{ осіб,} \quad (4.1)$$

де $Z_{дер.пл}$ – сумарна трудомісткість робіт ремонтного циклу повітряних ліній на дерев'яних опорах, люд.-год.;

$Z_{мет.пл}$ – сумарна трудомісткість робіт ремонтного циклу повітряних ліній на металевих та залізобетонних опорах, люд.-год.;

Z_e – трудомісткість експлуатації і-го елемента підстанції 35/10 кВ, люд.-год.;

T_i – ремонтний цикл і-того елемента підстанції 35/10 кВ, роки;

$Z_{тр}$ – трудомісткість експлуатації трансформатора, люд.-год.;

$Z_{н.см.}$ – сумарна трудомісткість експлуатації підстанцій 10/0,4 кВ, люд.-год.;

$T_{дер.пл}$ – ремонтний цикл повітряних ліній на дерев'яних опорах, роки;

$T_{мет.пл}$ – ремонтний цикл повітряних ліній на металевих та залізобетонних опорах, роки;

Φ – річний фонд робочого часу одного працівника, год. [3].

Річний фонд робочого часу одного працівника визначається по числу робочих днів року і тривалості робочого дня в годинах за формулою:

$$\Phi = (d_k - d_e - d_c - d_o) \cdot t \cdot \eta - \Delta t \cdot d_{nc}, \quad (4.2)$$

де $d_k, d_e, d_c, d_o, d_{nc}$ – кількість відповідно календарних, вихідних, святкових, відпускних, передсвяткових днів;

t – тривалість зміни, год. ($t = 8,2$ год. – при п'ятиденному робочому тижні;
 $t = 6,83$ год. – при шестиденному робочому тижні);

η – коефіцієнт використання робочого часу, що враховує поважні причини ($\eta = 0,93...0,96$);

Δt – скорочення передсвяткового дня ($\Delta t = 1$ год.).

Підрахована кількість робітників у бригаді округляється до цілого числа.

ЗАНЯТТЯ 5 СКЛАДАННЯ ГРАФІКА РОБІТ РЕМОНТНОГО ЦИКЛУ

Знаючи вид експлуатаційних робіт і кількість електроустаткування, що підлягає експлуатації, можна підрахувати трудомісткість в людино-годинах на певний вид робіт.

$$Z_{\text{експл}} = H_n \cdot n, \quad (5.1)$$

де H_n – норма трудомісткості певного виду робіт на одиницю даного виду устаткування, люд.-год.;

n – кількість даного устаткування.

Норму трудомісткості ремонту ліній необхідно взяти з таблиці 2.1, а норму трудомісткості експлуатації обладнання підстанцій – з таблиці 3.1 [3]. Такі підрахунки доцільно виконувати з використання стандартних редакторів електронних таблиць, наприклад Microsoft Excel. Для чого необхідно у стовпчик «А» вводити номер елемента мережі, в стовпчик «В» вводити назву елемента мережі, в стовпчик «С» вводити норму трудомісткості даного виду експлуатаційних робіт, у стовпчик «С» вводити кількість електрообладнання даного виду, а у стовпчику «D» організувати реалізацію формули (5.1).

На практиці експлуатаційними організаціями складаються багаторічний (на ремонтний цикл) і річні плани-графіки робіт із наступним затвердженням їх головним інженером підприємства електричних мереж. Пропонуємо скласти багаторічний план-графік експлуатаційних робіт із вказівкою року, кварталу, обсягу робіт і трудомісткості по ПЛ і підстанціях на 12 років (12 років – ремонтний цикл трансформатора). Вигляд монітору під час складання графіку експлуатаційних робіт поданий на рисунку 5.2. Виділена клітинка C7 і у рядку формул бачимо реалізацію формули (5.1) стосовно огляду ПЛ 35 кВ, де вона набуває вигляду формули (2.1), але без урахування ремонтного циклу ПЛ. Види

робіт слід записувати в таблицю скорочено: О – огляд, ТО – технічне обслуговування, ПР – поточний ремонт, КР – капітальний ремонт.

Планування слід проводити таким чином, щоб сумарна трудомісткість кожного члена бригади складала не більше ніж $\Phi/4$ год. у квартал (Φ – річний фонд робочого часу одного працівника, обчислений за формулою (4.2) у четвертому практичному занятті).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L
1	Таблиця 5.1 - Розрахунок вихідних даних для графіка робіт ремонтного циклу										
2											
3	1 ПЛ 35 кВ		k_u	k_o	H_n , год.	n , шт.	l , км	3, год.			
4	1,1	Огляд	1,3	0,075	20	3	15	87,8			
5	1,2	Техн. обслуговув.	1,3	0,3	20	3	15	351,0			
6	1,3	Капітальний рем.	1,3	1	20	3	15	1170,0			
8	2 ПЛ 10 кВ		k_u	k_o	H_n , год.	n , шт.	l , км	3, год.			
9	2,1	Огляд	1,3	0,075	30	3	28	245,7			
10	2,2	Техн. обслуговув.	1,3	0,3	30	3	28	982,8			
11	2,3	Капітальний рем.	1,3	1	30	3	14	1638,0			
13	3 ПЛ 0,38 кВ		k_u	k_o	H_n , год.	n , шт.	l , км	3, год.			
14	3,1	Огляд	1	0,075	30	4	38	342,0			
15	3,2	Техн. обслуговув.	1	0,3	30	4	38	1368,0			
16	3,3	Капітальний рем.	1	1	30	4	19	2280,0			
17											
18	4 Роз'єднувач 35 кВ				H_n , год.	n , шт.	кількість в квартал	3, год.			
19	4,1	Огляд			1	2	21	6			
20	Готово										

Рисунок 5.1 – Вигляд монітора підчас підготовки даних для графіка робіт ремонтного циклу

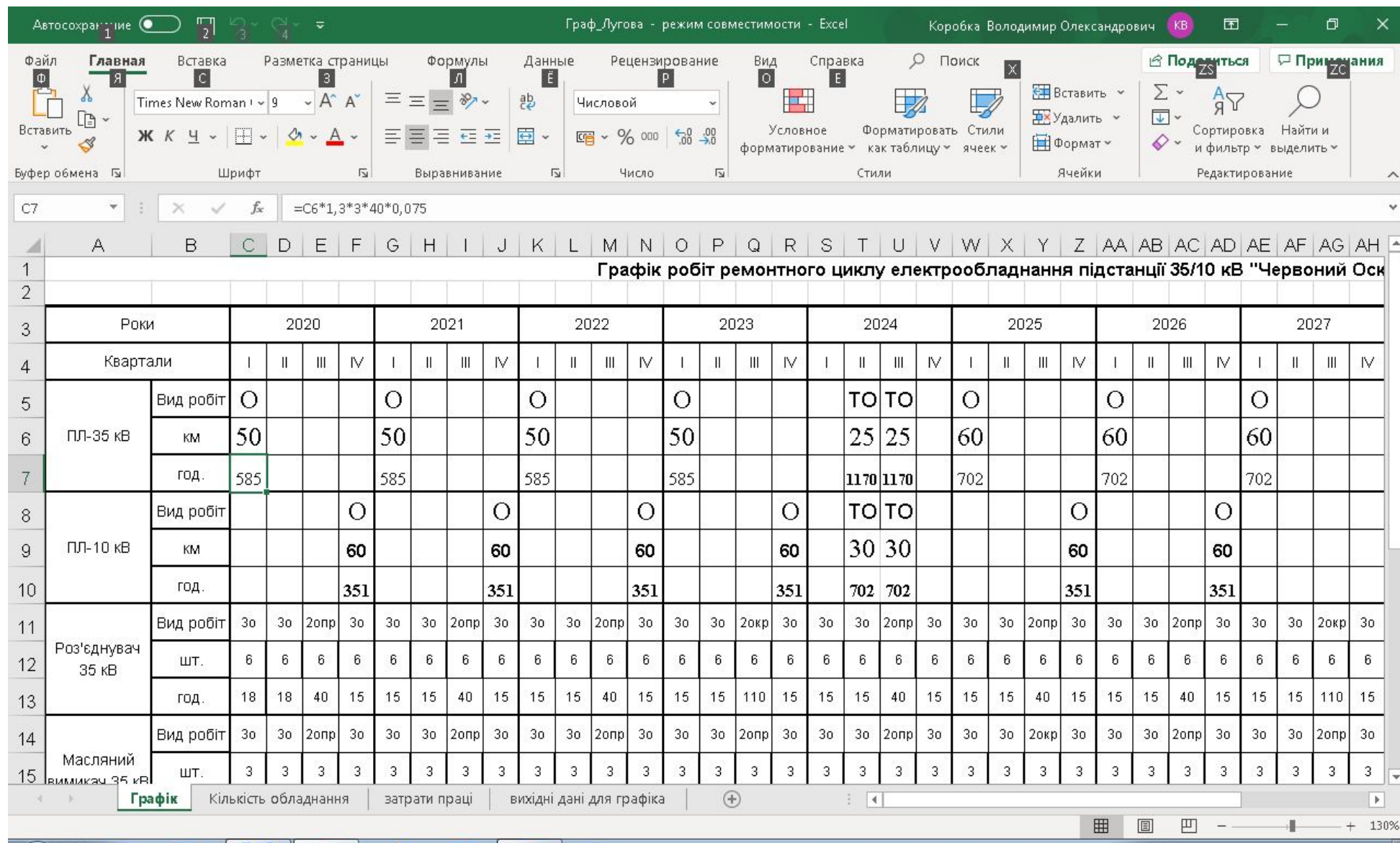


Рисунок 5.2 – Вигляд монітора з графіком робіт ремонтного циклу

ЗАНЯТТЯ 6 РОЗРАХУНОК РІЧНОГО АВАРІЙНОГО ЗАПАСУ

Річний аварійний запас необхідно розрахувати по такій номенклатурі матеріалів: провід голий для ПЛ 35, 10, 0,38 кВ, опори дерев'яні, залізобетонні, металеві, ізолятори, приставки, силові трансформатори 10/0,4 кВ. Всі інші матеріали, як наприклад, катанка, затискачі, штирі, крюки, підстанційні апарати можуть бути розраховані по нормах.

Для визначення необхідного запасу можна скористатися даними [4] або таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Пошкоджуваність елементів мережі і норми річного аварійного запасу

Види ушкоджень	ПЛ 10 кВ і ПЛ 35 кВ		ПЛ 0,38 кВ	
	Кіль- кість відмов	Кількість матеріалів для усунення одного пошкодження	Кіль- кість від- мов	Кількість матеріалів для усунення одного пошкодження
Ушкодження дерев'яних опор на 100 км	3,9	1 шт.	12	1 шт.
Ушкодження металевих і залізобетонних опор на 100 км	1,23	1 шт.	3	1 шт.
Обрив проводу	7,28	300 м	43	200 м
Ушкодження ізоляторів	2,5	3 шт.	9,2	2 шт.
Ушкодження залізобетонних приставок	0,2	1 шт.	0,2	1 шт.

ЗАНЯТТЯ 7 СКЛАДАННЯ ГРАФА ОПЕРАТИВНИХ ПЕРЕМИКАНЬ НА ПІДСТАНЦІЇ 35/10 КВ

Складання плану оперативних перемикачів на підстанціях є обов'язком чергового оперативного персоналу. Існує цілий комплекс організаційно-технічних заходів, що дозволяє уникнути помилок перемикачів і тим самим не припуститися аварій і нещасних випадків на виробництві.

Існують такі правила перемикачів комутаційними апаратами:

- струмові кола можуть вимикатися та вмикатися тільки масляними, повітряними та іншими типами вимикачів, автоматами або вимикачами навантаження;
- знеструмлені, що не знаходяться під напругою, а також кола зі струмом неробочого ходу трансформаторів можуть вимикатися та вмикатися тільки роз'єднувачами й відокремлювачами, причому спочатку вимикаються лінійні роз'єднувачі, а потім шинні;
- знеструмлені й зі знятою напругою кола можуть заземлюватися і розземлятися стаціонарними і переносними заземлювачами.

На практичному занятті можливий порядок оперативних перемикачів на підстанції 35/10 кВ варто показати за допомогою спрямованого графа. Для цього на схемі первинної комутації підстанції 35/10 кВ необхідно пронумерувати всі лінійні роз'єднувачі (ЛР1, ЛР2 та ін.), шинні роз'єднувачі – (ШР1, ШР2 та ін.), вимикачі – (В1, В2 та ін.) і ножі, що заземлюють, (ЗН1, ЗН2 та ін.).

За вершини графа варто прийняти положення комутаційних апаратів, наприклад, ОЛР1 – вимкнений лінійний роз'єднувач 1, ВЛР1 – увімкнений лінійний роз'єднувач 1.

Дуги в цьому випадку будуть означати дозвіл зробити певну операцію з визначеним комутаційним апаратом.

Наприклад, дуга на рисунку 7.1 показує, що при увімкненому роз'єднувачі першому дозволяється проведення операції вмикання вимикача першого.

На рисунку 7.2 наведено приклад графа оперативних перемикачів, що вказує порядок операцій на вимикання та вмикання ліній 10 кВ, що відходять від підстанції 35/10 кВ.



Рисунок 7.1 – Порядок виконання операцій вмикання масляного вимикача

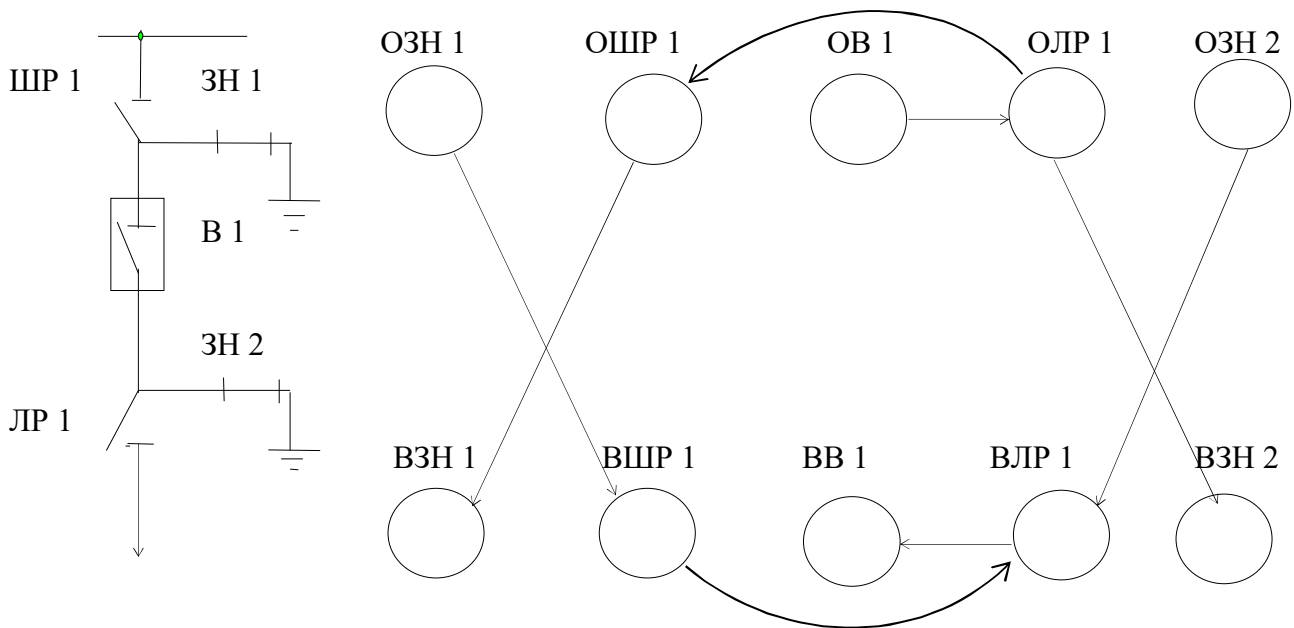


Рисунок 7.2 – Граф оперативних перемикачів, що вказує порядок операцій під час вимикання та вмикання лінії, що відходить

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГКД 34.20.507-2003. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. [у ред. наказу від 21.06.2019 р. № 271]. – Харків : Індустрія, 2019. – 592 с.
2. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – 3-є видання [із змінами від 11.01.2017 р. №7] – Харків : Індустрія, 2018. – 320 с.
3. Афанасьев Н.А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий (система ТОР ЭО). / Н. А. Афанасьев, М. А. Юсипов. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
4. Расчет аварийного запаса материалов в сетях 0,4–10 кВ Молдавской энергосистемы / Загянский А. И. и др. // Электрические станции. – 1974. – № 9, 86 с.
5. Гричевский Э. Я. Справочник по проектированию электросетей в сельской местности / П. А. Катков, А. М. Карпенко ; ред. П. А. Катков, В. И. Франгулян. – Москва : Энергия, 1980. – 352 с.

ДОДАТОК А

Вихідні дані до практичних занять

Таблиця А.1 – Вихідні дані по системі електропостачання для практичних занять

№ з/п	Мат35	М35	Мат10	М10	Мат038	М038	І35	пл35	І10	пл10	І038	птр10
1	2	3	4	5	5	7	8	9	10	11	12	13
1	дерев'яні	АС-35/6,2	дерев'яні	АС-25/4,2	дерев'яні	А-16	20	1	30	2	50	25
2	залізобетонні	АС-35/6,2	залізобетонні	АС-25/4,2	залізобетонні	А-16	21	2	60	4	96	48
3	металеві	АС-35/6,2	дерев'яні	АС-35/6,2	дерев'яні	А 25	22	1	45	3	82	41
4	дерев'яні	АС-50/8,0	залізобетонні	АС-35/6,2	залізобетонні	А 25	23	2	75	5	120	60
5	залізобетонні	АС-50/8,0	дерев'яні	АС 50/8	дерев'яні	А 35	24	1	64	4	118	59
6	металеві	АС 50/8	залізобетонні	АС 50/8	залізобетонні	А 35	25	2	90	6	140	70
7	дерев'яні	АС-70/11	дерев'яні	АС-70/11	дерев'яні	А 50	25	1	80	5	116	58
8	залізобетонні	АС-70/11	залізобетонні	АС-70/11	залізобетонні	А 50	24	2	95	7	162	81
9	металеві	АС-70/11	дерев'яні	АС-25/4,2	дерев'яні	АС25/4,2	23	1	32	2	50	25
10	дерев'яні	АС-95/16	залізобетонні	АС-25/4,2	залізобетонні	АС25/4,2	22	2	120	8	142	71
11	залізобетонні	АС-95/16	дерев'яні	АС-35/6,2	дерев'яні	АС 35/6,2	21	1	48	3	86	43
12	металеві	АС-95/16	залізобетонні	АС-35/6,2	залізобетонні	АС 35/6,2	20	2	80	4	112	56
13	дерев'яні	АС-120/19	дерев'яні	АС 50/8	дерев'яні	А 16	19	1	56	4	98	49
14	залізобетонні	АС-120/19	залізобетонні	АС 50/8	залізобетонні	А 16	18	2	100	5	146	73
15	металеві	АС-120/19	дерев'яні	АС-70/11	дерев'яні	А 25	17	1	70	5	122	61
16	дерев'яні	АС-35/6,2	залізобетонні	АС-70/11	залізобетонні	А 25	16	2	120	6	174	87
17	залізобетонні	АС-35/6,2	дерев'яні	АС-25/4,2	дерев'яні	А 35	15	1	28	2	38	19
18	металеві	АС-35/6,2	залізобетонні	АС-25/4,2	залізобетонні	А 35	14	2	140	7	202	101
19	дерев'яні	АС 50/8	дерев'яні	АС-35/6,2	дерев'яні	А 50	13	1	51	3	66	33
20	залізобетонні	АС 50/8	залізобетонні	АС-35/6,2	залізобетонні	А 50	12	2	160	8	190	95
21	металеві	АС 50/8	дерев'яні	АС 50/8	дерев'яні	АС25/4,2	11	1	100	4	154	77
22	дерев'яні	АС-70/11	залізобетонні	АС 50/8	залізобетонні	АС25/4,2	10	2	120	4	166	83
23	залізобетонні	АС-70/11	дерев'яні	АС-70/11	дерев'яні	АС 35/6,2	10	1	125	5	182	91
24	металеві	АС-70/11	залізобетонні	АС-70/11	залізобетонні	АС 35/6,2	11	2	150	5	214	107

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	5	7	8	9	10	11	12	13
25	дерев'яні	АС 95/16	дерев'яні	АС 25/4	дерев'яні	А 16	12	1	50	2	86	43
26	залізобетонні	АС 95/16	залізобетонні	АС 25/4	залізобетонні	А 16	13	2	180	6	222	111
27	металеві	АС 95/16	дерев'яні	АС-35/6,2	дерев'яні	А 25	14	1	75	3	124	62
28	дерев'яні	АС-120/19	залізобетонні	АС-35/6,2	залізобетонні	А 25	15	2	210	7	262	131
29	залізобетонні	АС-120/19	дерев'яні	АС 50/8	дерев'яні	А 35	16	1	90	4	146	73
30	металеві	АС-120/19	залізобетонні	АС 50/8	залізобетонні	А 35	17	2	240	8	270	135
31	дерев'яні	АС-35/6,2	залізобетонні	АС-25/4,2	дерев'яні	А 35	20	1	40	4	52	26
32	залізобетонні	АС-35/6,2	дерев'яні	АС-25/4,2	дерев'яні	А 35	15	2	70	7	100	50

В таблиці позначено:

Мат35 – Матеріал опор ПЛ 35 кВ

34 М35 – Марка та переріз проводу ПЛ 35 кВ

Мат10 – Матеріал опор ПЛ 10 кВ

М10 – Марка та переріз проводу ПЛ 10 кВ

Мат038 – Матеріал опор ПЛ 0,38 кВ

М038 – Марка та переріз проводу ПЛ 0,38 кВ

l35 – Довжина ПЛ 35 кВ, км

пл35 – Кількість ПЛ 35 кВ, шт.

l10 – Довжина ПЛ 10 кВ, км

пл10 – Кількість ПЛ 10 кВ, шт.

l038 – Довжина ПЛ 0,38 кВ, км, птр10 – Кількість трансформаторів 10/0.4 кВ, шт.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації та завдання
до практичних занять
із навчальної дисципліни

«МОНТАЖ, НАЛАДКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ»

*(для студентів 3 та 4 курсів денної і заочної форм навчання
за спеціальністю 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(фахове спрямування «Електротехнічні системи електроспоживання»))*

Укладачі: **ВОРОПАЙ** Валентина Григорівна,
КОРОБКА Володимир Олександрович
ЩЕРБАК Ірина Євгенівна

Відповідальний за випуск *В. О. Коробка*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *В. О. Коробка*

План 2018, поз. 251М

Підп. до друку 24.06.2019. Формат 60 × 84/16.
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,0
Тираж 50 пр. Зам. №.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.