



вні опори для найпоширеніших марок проводів та кабелів, та паспортні дані найпоширеніших типів трансформаторів. Фрагмент такої бази даних показаний на рис. 2.

Дані про ЛЕП		Довідникові дані											Додаткові дані						
Переріз	Кабель		Провід		Дані про трансформатори											Конструктивне виконання	Кабель	Провід	Трансформатор
	г, Ом	х, Ом	г, Ом	х, Ом	Ст, кВА	Унт, кВ	ДРк, кВт	Вх, %	Ук, %	ДРжх, кВт	ДQжх, кВАр	Rt, Ом	Xt, Ом						
10	3,1	0,122	2,766	0,412	63	10	1,28	2,8	4,5	0,24	1,764	32,24993701	63,73368324						
16	1,94	0,113	1,801	0,399	100	10	1,97	2,6	4,5	0,33	2,6	19,7	40,45874442						
25	1,24	0,099	1,176	0,385	160	10	3,1	2,4	4,5	0,51	3,84	12,109375	25,38461467						
35	0,89	0,095	0,79	0,373	250	10	4,2	2,3	4,5	0,74	5,75	6,72	16,69855084						
50	0,62	0,09	0,603	0,365	400	10	5,9	2,1	4,5	0,95	8,4	3,6875	10,62849207						
70	0,443	0,086	0,428	0,354	630	10	8,5	2	5,5	1,31	12,6	2,14159738	8,463405468						
95	0,326	0,083	0,31	0,343	1000	10	10,5	1,4	6	2,1	14	1,05	5,9074106						
120	0,258	0,081	0,25	0,336	1600	10	18	1,3	5,5	2,8	20,8	0,703125	3,364821167						
150	0,206	0,079	0,199	0,33	2500	10	23,5	1	6,5	3,85	25	0,376	2,572668653						
185	0,167	0,077	0,158	0,323															
240	0,129	0,075	0,122	0,314															
300			0,099	0,307															

Рис. 2. База даних про ЛЕП та трансформатори

Для полегшення навігації користувача по формі на робочому аркуші активні тільки ті комірки, які необхідні для введення. Вигляд форми показаний на рис. 3.

**Форма автоматизованого вводу даних про електричну мережу**

Дані про вітки схеми										Навантаження вузлів			
№ вітки	Початковий вузол	Кінцевий вузол	Конструктивне виконання вітки	Переріз ЛЕП або потужність тр-ра	Довжина лінії, км	Активний опір вітки, г, Ом	Реактивний опір вітки, х, Ом	Втрати активної потужності холостого ходу, дРжх, кВт	Втрати реактивної потужності холостого ходу, дQжх, кВАр	№ вузла	Активна потужність вузла, кВт	Реактивна потужність вузла, кВА	Потужність Ю, кВАр
1													
2													
3													
4													

Рис. 3. Зовнішній вигляд форми автоматизованого введення даних

### Початковий вузол

Введення даних починається з першої вітки. Курсор знаходиться на комірці «Початковий вузол», в яку користувач має внести номер цього вузла. Поряд відображається підказка про те, що число, що вводиться в цю комірку, має бути цілим додатним. Якщо ж користувач введе значення, що не задовольняє цим вимогам, то з'явиться повідомлення про помилку, показане на рис. 4, та пропозиція спробувати ще раз, при цьому подальший процес введення даних буде заблоковано.

Перевірка правильності введення даних реалізована за допомогою вбудованої в Microsoft Excel функції перевірки даних [3]. Вікно, в якому знаходиться умова перевірки, показане на рис. 5.

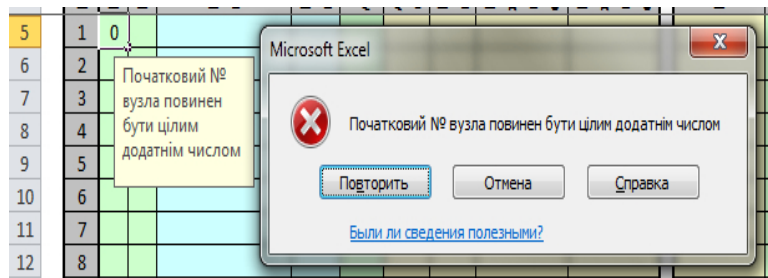


Рис. 4. Помилка у разі введення неправильного номера даних

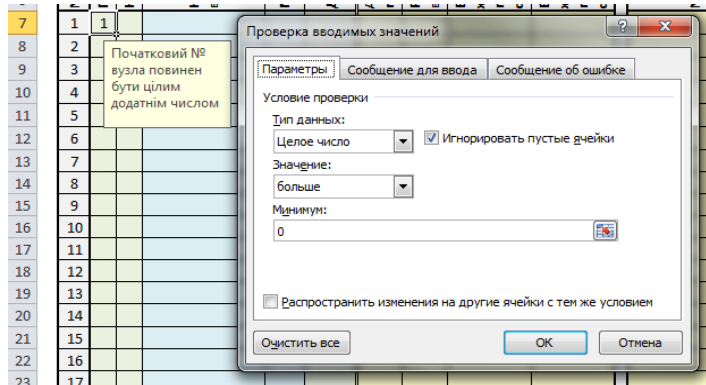


Рис. 5. Перевірка правильності введення початкового вузла

### Кінцевий вузол

Після введення номера початкового вузла курсор переміщується на сусідню комірку, в яку необхідно ввести номер кінцевого вузла вітки. Тут до вищенаведених умов перевірки правильності введення даних додається ще одна – номер кінцевого вузла не повинен дорівнювати номеру початкового вузла.

### Конструктивне виконання вітки

Після правильного введення кінцевого вузла курсор переміщується в комірку «Конструктивне виконання вітки». Від конструктивного виконання вітки буде залежати звідки будуть вибиратися дані про вітку. В цю комірку користувач повинен внести, те, чим є відповідна вітка, «Кабель», «Провід», чи «Трансформатор». Для полегшення введення це реалізовано за допомогою вибору відповідного значення з випадного списку, показано на рис. 6.

Вибір даних з випадного списку також реалізовано за допомогою функції перевірки даних Microsoft Excel. Вікно з умовою перевірки даних показано на рис. 7.

В полі «Источник» вказується формула, що має в результаті видати діапазон комірок, в якому знаходяться дані для випадного списку.

### Переріз ЛЕП або потужність трансформатора

Після вибору конструктивного виконання вітки курсор переміщується в комірку «Переріз ЛЕП або потужність трансформатора». Цей вибір також реалізовано за допомогою випадного списку, але значення в цьому списку будуть залежати від значення комірки конструктивного виконання вітки. Ці списки в залежності від конструктивного виконання вітки показані на рис. 8.

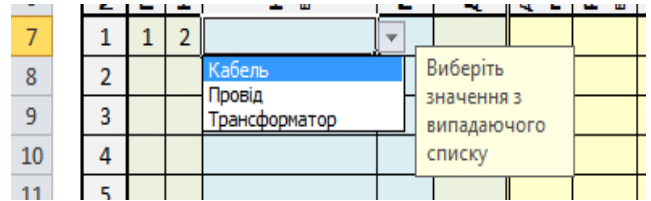


Рис. 6. Вибір даних з випадного списку

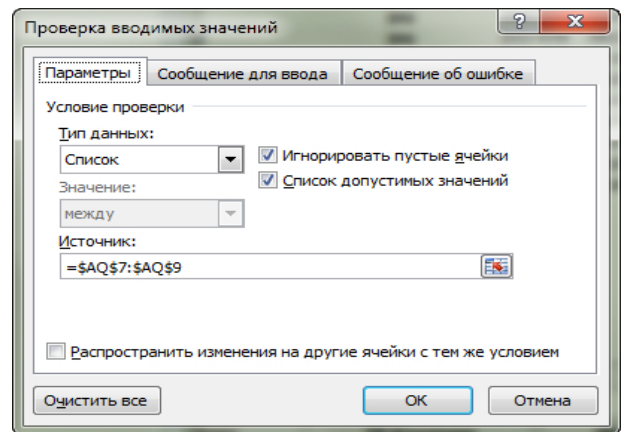


Рис. 7. Умова вибору значень зі списку

Дані про вітки схеми						
№ вітки	Початковий вузол	Кінцевий вузол	Конструктивне виконання вітки	Переріз ЛЕП або потужність тр-ра	Довжина лінії, км	Активний опір вітки, г, Ом
1	1	2	Кабель			
2						Виберіть значення з випадного списку
3						
4						
5						
6						

Дані про вітки схеми						
№ вітки	Початковий вузол	Кінцевий вузол	Конструктивне виконання вітки	Переріз ЛЕП або потужність тр-ра	Довжина лінії, км	Активний опір вітки, г, Ом
1	1	2	Трансформатор			
2				63		Виберіть значення з випадного списку
3				100		
4				160		
5				250		
6				400		
7				630		
8				1000		
9				1600		

Рис. 8. Вибір перерізу ЛЕП або потужності трансформатора в залежності від конструктивного виконання вітки

В цьому випадку в поле «Источник» вікна перевірки даних задана умова вибору діапазону комірок для випадного списку з бази даних, в залежності від значення, внесеного в комірку конструктивного виконання вітки. Ця умова подана формулою робочого аркуша Excel:

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(E4=$AQ$7;E4=$AQ$8);$AB$9:$AB$20;$$

ЕСЛИ(E4=\$AQ\$9;\$AG\$9:\$AG\$17;#ССЫЛКА!)),

де E4 — адреса комірки, в якій знаходиться значення конструктивного виконання вітки; \$AQ\$7 — адреса комірки з бази даних, в якій знаходиться значення «Кабель»; \$AQ\$8 — адреса комірки з бази даних, в якій знаходиться значення «Провід»; \$AQ\$9 — адреса комірки з бази даних, в якій знаходиться значення «Трансформатор»; \$AB\$9:\$AB\$20 — діапазон комірок бази даних, в якому знаходяться значення перерізів кабелів та проводів; \$AG\$9:\$AG\$17 — діапазон комірок бази даних, в якому знаходяться значення потужностей трансформаторів; #ССЫЛКА! — вказує на пусту множину, у випадку, коли в комірці конструктивного виконання вітки знаходиться значення, що відрізняється від допустимих.

Наступне значення що заповнює користувач — *довжина вітки*. В цю комірку вводиться довжина ЛЕП в км, причому це значення має бути додатним. Ця умова контролюється автоматично перевіркою правильності введення даних. Від довжини лінії залежить опір вітки схеми. Якщо значення конструктивного виконання вітки «Трансформатор», то значення комірки «Довжина лінії» ігнорується.

Після введення довжини лінії автоматично розраховується *активний опір вітки*. Розрахунки виконуються за формулою робочого аркуша Excel, введеною в цю комірку:

=ЕСЛИ(И(E4=\$AQ\$7;F4<>"");  
ИНДЕКС(\$AC\$9:\$AC\$20;ПОИСКПОЗ(F4;\$AB\$9:\$AB\$20;0);1)\*G4;  
ЕСЛИ(И(E4=\$AQ\$8;F4<>"");  
ИНДЕКС(\$AE\$9:\$AE\$20;ПОИСКПОЗ(F4;\$AB\$9:\$AB\$20;0);1)\*G4;  
ЕСЛИ(И(E4=\$AQ\$9;F4<>"");  
ИНДЕКС(\$AN\$9:\$AN\$17;ПОИСКПОЗ(F4;\$AG\$9:\$AG\$17;0);1);"")),

де F4 — адреса комірки, в якій знаходиться переріз ЛЕП, або потужність трансформатора; \$AC\$9:\$AC\$20 — діапазон комірок з бази даних, в якому знаходяться значення активних питомих опорів кабелів; \$AE\$9:\$AE\$20 — діапазон комірок з бази даних, в якому знаходяться значення активних питомих опорів проводів; \$AN\$9:\$AN\$17 — діапазон комірок з бази даних, в якому знаходяться значення активних опорів трансформаторів; G4 — адреса комірки, в якій знаходиться довжина вітки.

*Реактивний опір вітки* розраховується за аналогічною формулою, тільки з бази даних береться діапазон комірок, в якому знаходяться значення реактивних опорів.

*Втрати активної потужності холостого ходу* автоматично розраховуються тільки в тому випадку, якщо значення комірки «конструктивне виконання вітки» є «Трансформатор». Розрахунок виконується за формулою робочого аркуша Excel:

=ЕСЛИ(И(E4=\$AQ\$7;F4<>"");"";ЕЛИ(И(E4=\$AQ\$8;F4<>"");"";  
ЕСЛИ(И(E4=\$AQ\$9;F4<>"");  
ИНДЕКС(\$AL\$9:\$AL\$17;ПОИСКПОЗ(F4;\$AG\$9:\$AG\$17;0);1);"")),

де \$AL\$9:\$AL\$17 — діапазон комірок з бази даних, в якому знаходяться значення втрат активної потужності холостого ходу трансформаторів.

*Втрати реактивної потужності холостого ходу* розраховуються аналогічно активним, тільки з бази даних береться діапазон комірок, в якому знаходяться значення втрат реактивної потужності холостого ходу трансформаторів.

*Номер вузла*. Після заповнення інформації про вітки в формі в стовпці «№ вузла» автоматично прописуються номери вузлів схеми підряд. Також автоматично виконується перевірка на правильну конфігурацію схеми. Початковий номер вузла визначається за формулою робочого аркуша Excel:

=ЕСЛИ(МИН(\$C\$4:\$D\$103)<>0;МИН(\$C\$4:\$D\$103);""),

де \$C\$4:\$D\$103 — діапазон комірок, в якому знаходяться початкові та кінцеві номери схеми. Всі інші номери вузлів визначаються за такою формулою:

=ЕСЛИ(ИЛИ(ЕСЛИОШИБКА(ПОИСКПОЗ(M4+1;\$C\$4:\$C\$103;0);0)<>0;  
ЕСЛИОШИБКА(ПОИСКПОЗ(M4+1;\$D\$4:\$D\$103;0);0)<>0);M4+1;

ЕСЛИ(ИЛИ(М4=МАКС(\$С\$4:\$D\$103);М4="";М4="Помилка!"));"  
 "Помилка!")

де М4 – адреса комірки попереднього вузла; \$С\$4:\$D\$103 – діапазон комірок, в якому знаходяться початкові номери віток; \$D\$4:\$D\$103 – діапазон комірок, в якому знаходяться кінцеві номери віток.

Уразі неправильного введення даних про конфігурацію схеми на листі з'являється повідомлення про помилку, показане на рис. 9.

Активна та реактивна потужність і потужність КУ заповнюються користувачем вручну.

Для схеми (див. рис. 1) повністю заповнена форма буде мати вигляд, показаний на рис. 10.

Після заповнення форми файл зберігається і дані з нього можна імпортувати до інших програмних продуктів, наприклад до MathCad.

Дані про вітку схеми										Навантаження вузлів			
№ вітки	Початковий вузол	Кінцевий вузол	Конструктивне виконання вітки	Переріз ЛЕП або потужність тр-ра	Довжина лінії, км	Активний опір вітки, г, Ом	Реактивний опір вітки, х, Ом	Врати активної потужності холостого ходу, кВт	Врати реактивної потужності холостого ходу, кВт	№ вузла	Активна потужність вузла, кВт	Реактивна потужність вузла, кВА	Потужність КУ, кВт
1	1	2	Кабель	35	0,5	0,45	0,05			1			
2	1	4	Трансформатор	400		3,69	10,6	0,95	8,4	2			
3										Помилка!			

Рис. 9. Помилка у разі неправильного введення даних про топологію схеми

Форма автоматизованого вводу даних про електричну мережу													
Дані про вітку схеми										Навантаження вузлів			
№ вітки	Початковий вузол	Кінцевий вузол	Конструктивне виконання вітки	Переріз ЛЕП або потужність тр-ра	Довжина лінії, км	Активний опір вітки, г, Ом	Реактивний опір вітки, х, Ом	Врати активної потужності холостого ходу, кВт	Врати реактивної потужності холостого ходу, кВт	№ вузла	Активна потужність вузла, кВт	Реактивна потужність вузла, кВА	Потужність КУ, кВт
1	16	1	Кабель	150	0,78	0,16	0,06			1			
2	1	2	Трансформатор	630		2,14	8,46	1,31	12,6	2	450	300	150
3	1	3	Кабель	150	0,27	0,06	0,02			3			
4	3	4	Трансформатор	400		3,69	10,6	0,95	8,4	4	250	150	50
5	3	5	Кабель	150	0,47	0,1	0,04			5			
6	5	6	Трансформатор	100		19,7	40,5	0,33	2,6	6	50	30	
7	5	7	Трансформатор	100		19,7	40,5	0,33	2,6	7	55	35	15
8	3	8	Кабель	150	0,26	0,05	0,02			8			
9	8	9	Трансформатор	400		3,69	10,6	0,95	8,4	9	200	180	100
10	8	10	Кабель	150	0,26	0,05	0,02			10			
11	10	11	Трансформатор	400		3,69	10,6	0,95	8,4	11	250	210	200
12	10	12	Трансформатор	400		3,69	10,6	0,95	8,4	12	230	180	150
13	10	13	Кабель	150	0,38	0,08	0,03			13			
14	13	14	Трансформатор	400		3,69	10,6	0,95	8,4	14	280	200	180
15	13	15	Трансформатор	400		3,69	10,6	0,95	8,4	15	270	210	130
16										16			

Рис. 10. Заповнена форма

### Висновки

Запропоновано форму автоматизованого введення даних, що дозволяє значно полегшити та прискорити процес введення даних про розгалужену електричну мережу та дозволяє уникнути помилок в процесі введення. Використання для її створення Microsoft Excel, що встановлений на більшості ПК, дозволяє не використовувати додаткове програмне забезпечення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики : учеб. пос. для энергоэнерг. вузов / под ред. В. А. Веникова. — М.: Высш. школа, 1970. — Т. 1.— 336 с. ил.
2. Математичне моделювання в електроенергетиці : підруч. / О. В. Кириленко, М. С. Сегеда, О. Ф. Буткевич, Т. А. Мазур. — Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. — 608 с.
3. Васильев А. Н. Научные вычисления в Microsoft Excel / А. Н. Васильев. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. — 512 с.: ил.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 10.10.11  
 Рекомендована до друку 15.11.11

**Войнаровський Андрій Жоржович** – асистент кафедри електричних станцій та систем,  
**Клименко Ольга Миколаївна** – студентка Інституту магістратури, аспірантури та докторантури.  
 Вінницький національний технічний університет, Вінниця