

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ З ВІДСМОКТУЮЧИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ.**

О.А.Данилов, асистент.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. Лазаряна, вул. ак. Лазаряна 2, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна

Реферат: В статті аналізуються експериментальні дані зміни впливу тягової мережі на кабелі, що прокладені в землі, при відключенні відсмоктуючих трансформаторів.

Ключові слова: тягова мережа, відсмоктуючі трансформатори, електромагнітний вплив.

Реферат: В статье анализируются экспериментальные данные изменения влияния тяговой сети на кабели, проложенные в земле, при отключении отсасывающих трансформаторов.

Ключевые слова: тяговая сеть, отсасывающий трансформатор, электромагнитное влияние

Abstract: In the article analyzes the experimental data changes effects of traction on the cable network to disconnect suction transformers.

Keywords: traction network, suction transformers, electromagnetic influence.

### Вступ.

Електрифікація залізниць по системі змінного струму 25 кВ почалася в 60-х роках минулого століття. Ця система по своїй конструкції являє собою несиметричну повітряну лінію та чинить істотний електромагнітний вплив на суміжні пристрої. В якості активного захисту по зменшенню впливу була обрана схема із відсмоктуючими трансформаторами (ВТ) та проводом зворотного струму. Дана схема на той момент уже багато років використовувалася і добре себе зарекомендувала у Швеції та інших закордонних країнах. Не зважаючи на збільшення вартості, таке рішення було економічно вигідним, тому що віддалення повітряних ліній на більшу відстань або заміна їх кабелем були б набагато дорожчими. З тих пір пройшло півстоліття. За цей час телеграфні лінії припинили існування, а лінії зв'язку виконують кабелем. Зате істотно зросли струми в контактній мережі і, як наслідок, зросли втрати електроенергії в обмотках відсмоктуючих трансформаторів.

Відсмоктуючі трансформатори включаються послідовно в контактну мережу. На багатьох дільницях термін їх безперервної експлуатації перевищує 40 років. В останні роки поширилися випадки вандалізму. Враховуючи наведені фактори можна сказати, що відсмоктуючі трансформатори стали суттєвим елементом ненадійності в системі тягового електропостачання. Тому на деяких дільницях гостро стало питання про доцільність експлуатації відсмоктуючих трансформаторів. Для того щоб відповісти на це питання, треба в першу чергу знати як вплине зміна живлення на безпеку руху. Звідси виникає задача оцінки впливу заміни існуючої схеми живлення ділянки змінного струму на роботу суміжних пристроїв, в тому числі залізничної автоматики.

Мета роботи полягає у визначенні захисних та економічних показників схеми живлення з відсмоктуючими трансформаторами, та у дослідженні захисних властивостей схеми живлення з відсмоктуючими трансформаторами на пристрої СЦБ та кабелі, що прокладені вздовж колії. Дослідження проводилися на Одеській залізниці.

Теоретичні матеріали, розрахунки та дослідження.

Тягова мережа однофазного змінного струму 25 кВ здійснює магнітний і гальванічний вплив на кабелі, що прокладені в землі. Величина цих впливів безпосередньо залежить від струмів, що протікають в контактній мережі. Оскільки оболонка кабелю заземлена в декількох місцях, то наведені електрорушійні сили викликають протікання струму по заземленій оболонці кабелю. Фіксуючи величину струмів в тяговій мережі і в оболонках кабелю можна кількісно визначити ступінь сумарного небезпечного впливу системи тягового електропостачання на кабелі зв'язку.

Вимірювання проводилися при двох режимах роботи тягової мережі:

- з включеними відсмоктуючими трансформаторами;
- з вимкненими відсмоктуючими трансформаторами.

Після вимірювань були визначені схожі по навантаженню часові інтервали. Результати вимірювання показані на рис.1, 2.

Для кожного інтервалу були визначені максимальні, мінімальні та середні значення струмів. Середні значення розраховувалися по формулі:

$$I_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N},$$

де:  $I_{cp}$  – середній струм інтервалу від 1 до  $N$ ;  $N$  – кількість вимірів.

Для кожного інтервалу  $N$  складало декілька тисяч.

По розрахованим середнім значенням для всіх часових інтервалів була визначена частка струму в кабелі від впливаючого струму в тяговій мережі по формулі:

$$K_{ч} = \frac{I_{ср. каб}}{I_{ср. фід}},$$

де:  $I_{ср. каб}$  – середній струм в оболонці кабелю за інтервал часу;

$I_{ср. фід}$  - середній струм в тяговій мережі за інтервал часу.

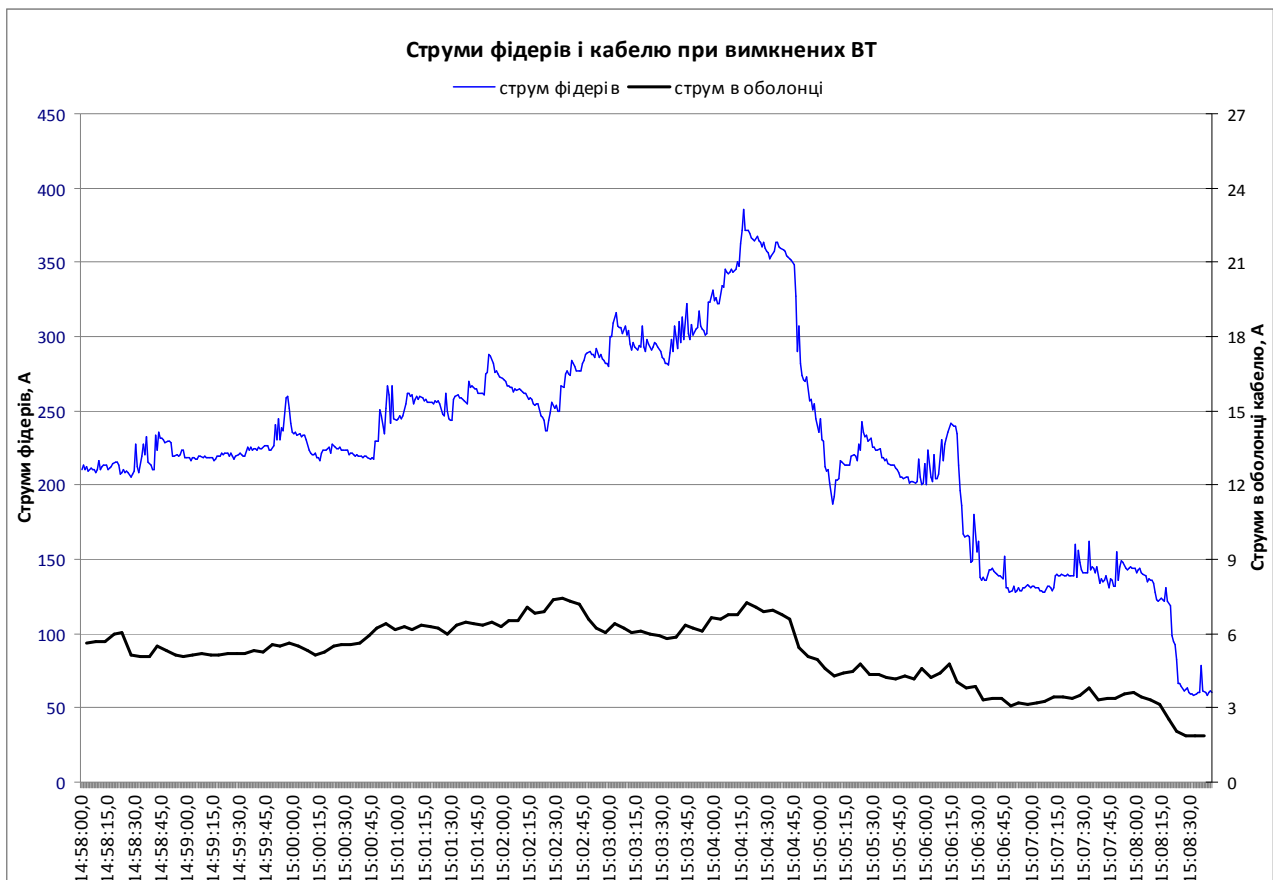


Рис.1.

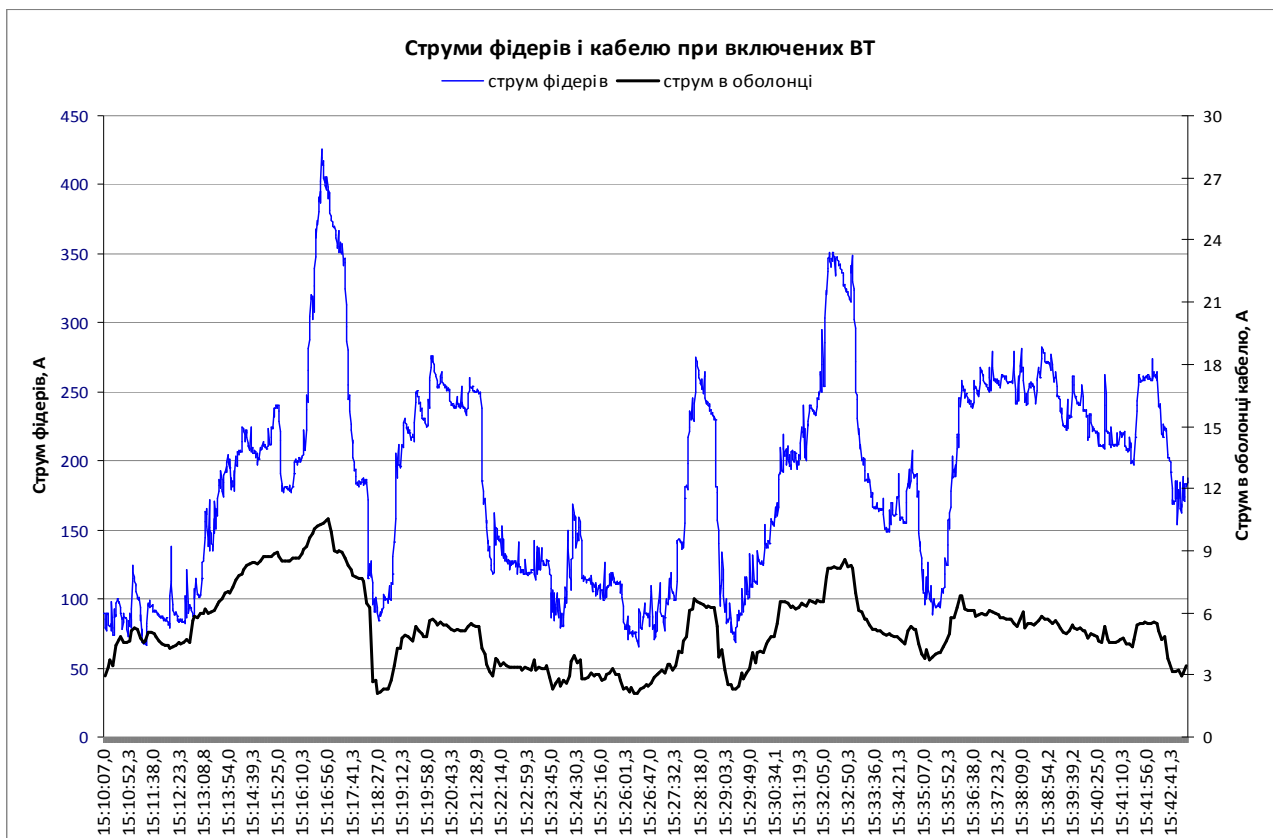


Рис.2.

Після цього визначалась зміна впливу тягової мережі на кабелі при різних режимах роботи відсмоктуючих трансформаторів. Результати досліджень представлені в табл.1, 2.

Дані для кабелю, що пролягає біля підстанції

Таблиця 1

Струми	Середнє навантаження		Збільшене навантаження	
	ВТ вимкнені	ВТ підключені	ВТ вимкнені	ВТ підключені
Ікм (контактної мережі)	315,32	355,41	557,16	536,47
Ікаб (в оболонці кабелю)	8,18	5,65	12,83	7,92
Частка струму в кабелі				
Ікаб / Ікм	0,02593	0,01589	0,02303	0,01476
Збільшення впливу при вимкненні ВТ, %				
			63,1	
			56,0	

Дані для кабелю, що пролягає в середині міжпідстанційної зони

Таблиця 2

Струми	Середнє навантаження		Збільшене навантаження	
	ВТ вимкнені	ВТ підключені	ВТ вимкнені	ВТ підключені
Ікм (контактної мережі)	211,58	225,81	331,03	351,41
Ікаб (в оболонці кабелю)	0,26	0,25	0,24	0,24
Частка струму в кабелі				
Ікаб / Ікм	0,00123	0,00111	0,00074	0,00069
Збільшення впливу при вимкненні ВТ, %				
			10,5	
			7,5	

З аналізу таблиць 1 і 2 можна зробити такі висновки:

- при збільшенні навантаження захисні властивості відсмоктуючих трансформаторів зменшуються;
- найбільший захисний ефект виявляється поблизу тягової підстанції;

Основне призначення схеми з відсмоктуючими трансформаторами і проводом зворотного струму – це зменшення електромагнітного впливу на повітряні лінії, які пролягають вздовж залізниці. В цьому випадку ця схема живлення зменшує вплив в 4-10 разів [3]. Як було встановлено з експериментальних досліджень схема з відсмоктуючими трансформаторами і проводом зворотного струму зменшує вплив на кабелі, прокладені в землі не більше ніж в 1,6 разів.

Цікаво, що подібний експеримент було проведено на Горьківській залізниці для визначення впливу різних схем живлення тягової мережі на трубопроводи [2]. Отримані показники зменшення впливу при використанні відсмоктуючих трансформаторів близькі з експериментом, проведеним на Одеській залізниці.

Також проводилась перевірка впливу різних режимів роботи ВТ на параметри рейкових кіл і величину асиметрії та спектральний склад струму, що протікав по обмоткам дросель-трансформатора. Записи струмів проводились тривалий час на різних коліях з різними навантаженнями. Аналіз експериментальних даних показав, що відключення відсмоктуючих трансформаторів не впливає на асиметрію та не погіршує спектральний склад струму, що протікає по обмотках дросель-трансформатора.

Оскільки відсмоктуючі трансформатори включаються послідовно з контактною мережею, то загальний опір контактної підвіски збільшується.

Електричні характеристики відсмоктуючих трансформаторів Таблиця 3

Найменування показників	Типи трансформаторів	
	ОМО-800/20А	ОМО-800/20А (0,8)
Тривалий ефективний струм, А	400	400
Максимальний струм, А	750	750
Коефіцієнт трансформації	1,0	0,8
Опір первинної обмотки, Ом:		
	активний	0,018
індуктивний	0,054	0,054
Опір вторинної обмотки, Ом:		
	активний	0,018
індуктивний	0,054	0,083

Середні погонні опори контактної підвіски ПБСМ70+МФ100 на двоколійній дільниці складають:  $r=0,111$  Ом/км,  $x=0,286$  Ом/км. Визначивши загальний опір контактної підвіски та первинної обмотки трансформатора ОМО знаходимо, що кожний трансформатор приблизно додає опору еквівалентно 180 метрам підвіски. Але найбільший вплив на збільшення опору надає провід зворотного струму. Найчастіше його виконують проводом А-185 або 2хА-120. Опори проводів і рейки Р-65 зведені в табл.4.[1].

Таблиця 4

Проводи і рейки	$r$ , Ом/км	$x$ , Ом/км	$z$ , Ом/км
А-185	0,158	0,400	0,430
2хА-120	0,123	0,211	0,244
Р-65	0,029	0,136	0,139

Використання проводу зворотного струму викликає додаткове збільшення активного і повного опору тягової мережі завдяки зменшенню шунтуючої дії землі. Тому схема живлення з відсмоктуючими трансформаторами та проводом зворотного струму викликає суттєві додаткові втрати енергії в тяговій мережі.

#### Висновки.

1. Використання системи електропостачання 25 кВ з відсмоктуючими трансформаторами дозволяє трохи зменшити магнітний і гальванічний вплив на кабелі, які пролягають уздовж залізниці поблизу тягових підстанцій. В середині міжпідстанційної зони це зменшення незначне.
2. Схема живлення з відсмоктуючими трансформаторами не впливає на асиметрію і гармонійний склад струму в рейках.
3. Відсмоктуючі трансформатори стають суттєвим елементом ненадійності в системі тягового електропостачання.
4. Використання відсмоктуючих трансформаторів і проводу зворотного струму суттєво збільшують втрати електроенергії.
5. Тягову мережу змінного струму 25 кВ з відсмоктуючими трансформаторами і проводом зворотного струму в сучасній електрифікації доцільно використовувати при наявності декількох близько розташованих повітряних ліній або коли необхідно забезпечити максимальний рівень електромагнітної безпеки (наприклад при розташуванні біля залізниці металевого трубопроводу з легкозаймистими речовинами).

#### Список літератури.

1. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения.-2004.
2. *Косарев А.Б.* Основы теории электромагнитной совместимости.-М.:Интекс,2004.-272с.
3. *Павлов И.В.* Отсасывающие трансформаторы в тяговых сетях переменного тока.М.:Транспорт,1965.-204с.