

Розділ І. Кола постійного струму
Тема 1.1 «Електричне поле. Постійний електричний струм»

Лекція 3

Втрати напруги та потужності в проводах ліній електропередач

Мета: оволодіти знаннями про втрати напруги та потужності в проводах ліній електропередач, складні електричні кола та їх розрахунок з використанням законів Кірхгофа.

Методи: словесний, практичний, наочний.

План:

1. Загальні відомості про лінії електропередач (ЛЕП).
2. Передача та розподіл електроенергії.
3. Втрати напруги та потужності в проводах ліній електропередач.

1. Загальні відомості про лінії електропередач (ЛЕП).

Лінію для передавання і (або) розподілу електроенергії по кабелях чи електричних проводах називають лінією електропередачі. Під лінією електропередач, на відміну від передачі енергії по місцевих або розподільних електричних мережах, розуміють передачу великих потужностей (десятки і сотні мегават) на великі відстані (десятки і сотні кілометрів) з великою напругою.

Лінії електропередач бувають транзитними, тобто такими, які передають усю потужність на кінцеву підстанцію, і магістральними з кількома відгалуженнями.

Є лінії постійного і трифазного змінного струмів. Передача енергії змінним струмом є основною і найпоширенішою передачею.

Під електричними мережами розуміють сукупність пристроїв, якими передають на відстань і розподіляють між споживачами електричну енергію.

Мережі бувають постійного струму, однофазного і трифазного змінного струмів. Усі вони можуть бути внутрішніми і зовнішніми.

Внутрішні мережі прокладають усередині приміщень ізольованими проводами відкритим способом на роликах та ізоляторах або прихованим способом у гумових і паперових з металеву оболонкою трубках, а також кабелем, який прокладають у каналах, по стінах і стелях на спеціальних кронштейнах.

Зовнішні мережі, як і ЛЕП, бувають кабельними (підземними) і повітряними.

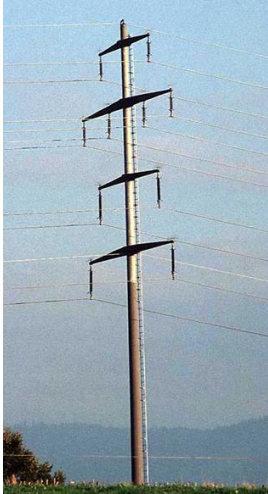
Повітряні лінії мережі потребують менших капітальних витрат, ніж підземні (кабельні); вони зручні в експлуатації, бо пошкодження легко виявити при огляді, але менш надійні й більш небезпечні, ніж підземні.

Повітряні лінії і мережі високої напруги монтують з голих мідних багатодрових або сталевалюмінієвих проводів. Їх укріплюють на штирьових ізоляторах (лінії до 35 кВ) або на гірляндах підвісних ізоляторів, які в свою чергу закріплюють на дерев'яних (лінії до 35 кВ), залізобетонних або металевих опорах на бетонному фундаменті. Гірлянда складається з 3-4 ізоляторів для напруги 35 кВ, 6-7 – для 110 В, 12-14 – для 220 кВ.

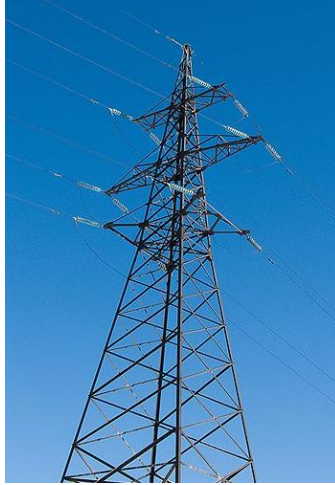
Опори бувають проміжні, анкерні, кінцеві й кутові.

Проміжні опори (мал. 1) установлюють на прямолінійних ділянках лінії. Вони призначені тільки для підтримання проводів. Анкерні опори (мал. 2) ставлять через певні інтервали між проміжними опорами. Кожна анкерна опора має витримувати натяг проводів в один бік у разі обриву всіх проводів з другого боку. Кутові опори (мал. 3) встановлюють у місцях повороту лінії. Сила натягу проводів у цих місцях спрямована по бісектрисі кута повороту і намагається повалити опори. Відповідно до напрямку дії цієї сили і ставлять кутові опори. Кінцеві опори (мал. 4) встановлюють на виході лінії з електростанції або підстанції. За міцністю вони мають бути такими, як і анкерні. Відстань між опорами для ліній 35-220 кВ беруть приблизно 200 м, для ліній низької напруги – 30-50 м.

Кабельні підземні лінії і мережі використовують переважно в густонаселених містах і місцевостях, на територіях промислових підприємств, а також для внутрішньозаводської проводки.



Мал. 1. Проміжна опора



Мал. 2. Анкерна опора



Мал. 3. Кутова опора



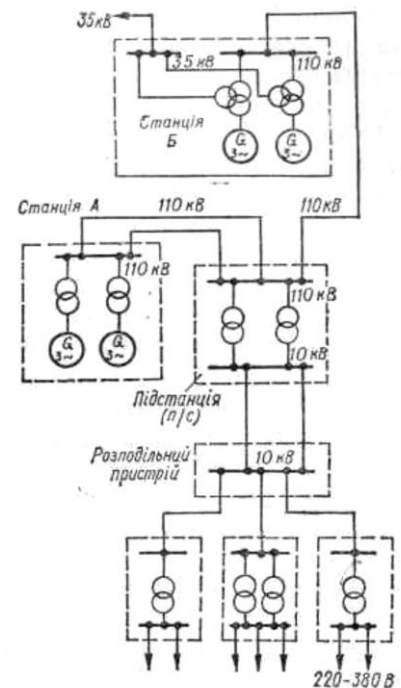
Мал. 4. Кінцева опора

Величину напруги для передачі електричної енергії визначають з таким розрахунком, щоб при найменшій вартості передачі, при мінімальній витраті провідникових матеріалів енергія передавалась би з досить малими втратами.

2. Передача та розподіл електроенергії.

На мал. 5 показано одну з можливих схем передачі і розподілу електроенергії від двох електростанцій.

Від генераторів станцій А і Б енергія напругою 10-15 кВ надходить на трансформаторні підвищувальні підстанції. Після підвищення напруги на підстанціях енергія від обох станцій по високовольтних лініях 110 кВ надходить у район споживача на знижувальну підстанцію 110/10 кВ. Потім, через розподільний пристрій енергія по лініях мережі передається до трансформаторних підстанцій споживачів (ТП). Тут напруга знижується до 220-380 В і енергія по низьковольтних кабельних або повітряних лініях електропередачі подається безпосередньо до споживачів.



Мал. 5. Схема передачі і розподілу електроенергії

Енергію на далекі відстані постійним струмом передають так: на початку лінії генераторну напругу підвищують до потрібної величини, випрямляючи змінний струм, випрямляють у постійний і по лініях електропередачі передають енергію в район споживання. У кінці лінії інверторами перетворюють постійний струм у змінний, знижують його до потрібної напруги і подають до споживачів.

3. Втрати напруги та потужності в проводах ліній електропередач.

Кожний споживач електроенергії для нормальної роботи має одержувати електроенергію при номінальній напрузі $U_{\text{ном}}$, тобто на яку він розрахований.

Якщо на затискачах споживача фактична напруга відрізняється від номінальної, робота споживача відбувається з гіршими характеристиками. Наприклад, зниження напруги на 10% від номінальної викликає в асинхронних двигунах зменшення обертового моменту на 19%. Величина падіння напруги тим більша, чим більша довжина лінії, навантаження і менший переріз проводів. Із зміною навантаження змінюється і напруга в різних точках мережі. Тому правилами встановлені допустимі відхилення напруги від номінальної, наприклад, для електродвигунів не більше $\pm 5\%$ номінальної. При розрахунках керуються такими допустимими втратами напруги, встановленими практикою проектування і експлуатації мереж:

для мереж низької напруги втрата напруги – від шин ТП до останнього споживача має бути не більшою як 6%, а для мереж високої напруги – для кабельних 6%, для повітряних 8%.

Споживачі електроенергії зазвичай знаходяться на деякій відстані від джерел, і електроенергія до них підводиться по проводам лінії електропередачі (мал. 6; тут споживачі умовно показані у вигляді паралельно включених лампочок).

Якщо відомі довжина, переріз та матеріал проводів лінії електропередачі, то її опір можна визначити, скориставшись формулою

$$R_{\text{л}} = \frac{2l\rho}{s}$$

де $2l$ – довжина проводу.

Струм, який протікає по проводах, згідно закону Ома призводить до падіння напруги:

$$\Delta U = IR_{\text{л}} = \frac{2I\rho l}{s}$$

яке називається втратою напруги в проводах лінії.

Внаслідок втрати напруги в лінії напруга U_2 на затискачах споживача менше напруги U_1 на початку лінії на величину ΔU , тобто

$$U_2 = U_1 - \Delta U$$

Струм в лінії залежить від навантаження. Наприклад, якщо в схемі всі лампочки виключені, струм в лінії дорівнює нулю, втрати напруги в проводах немає і $U_2 = U_1$. Якщо всі лампочки включені, струм досягає максимального значення I_{max} , втрата напруги

$$\Delta U_{\text{max}} = I_{\text{max}} R_{\text{л}},$$

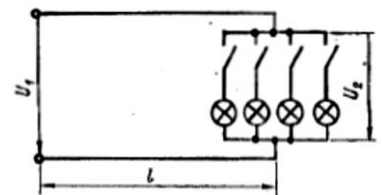
а напруга на затискачах споживача

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{max}}$$

Таким чином, в залежності від струму в лінії напруга на затискачах споживача може змінюватись від U_1 до $U_1 - \Delta U_{\text{max}}$. Великі зміни напруги на затискачах споживача небажані. За існуючими нормами для освітлювального навантаження вони повинні бути в межах $-2,5\ldots+5\%$ і для силового $\pm 5\%$ (в деяких випадках $+10\%$) по відношенню до напруги на початку лінії. Тому переріз проводів лінії, вибраний за допустимим нагрівом, повинен перевірятись на допустиму втрату напруги по формулі

$$S = \frac{2I_{\text{max}}l\rho}{\Delta U_{\text{д}}}$$

За невеликої довжини лінії електропередачі ця умова, як правило, виконується. Якщо ж умова $S = \frac{2I_{\text{max}}l\rho}{\Delta U_{\text{д}}}$ не задовольняється, то слід вибрати провід найближчого більшого стандартного перерізу, який задовольнить умови.



Мал. 6. Схема двопровідної лінії електропередачі

В лініях електропередачі разом з втратою напруги є також втрати електроенергії. Потужність втрат

$$\Delta P = \Delta UI$$

Відношення потужності в кінці лінії $P_2 = U_2 I$ до потужності на початку лінії $P_1 = U_1 I$ називається коефіцієнтом корисної дії (к.к.д.) лінії:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{U_1 - \Delta U}{U_1} = 1 - \frac{\Delta U}{U_1}$$

К.к.д. лінії залежить від втрати напруги, тобто від опору лінії і струму в ній. К.к.д. однієї і тієї ж лінії зменшується при збільшенні струму, так як при цьому збільшується втрата напруги.

Знання, корисні для практики!

ЛЕП та здоров'я. Можна виділити два джерела походження магнітного поля. Це природні магнітні поля чи магнітні бурі, які є результатом процесів у магнітосфері Землі, їх обурення. Друге джерело – результат діяльності. Як показав досвід багатьох років, антропогенні обурення виявляються на меншій площі, ніж природні. Але при цьому їх інтенсивність часто набагато яскравіша і сильніша. Так, це можуть бути різні види транспорту, що мають підключення до електрики, всілякі передавачі радіосигналів, лінії електропередач. Високовольтні лінії електропередач 50 Гц (промислові) є найбільш сильними джерелами магнітних полів. Тому вплив високовольтної лінії на здоров'я людини виразно присутній.

Другий вид полів – електричні поля. Вони з'являються біля ліній електропередач. У цьому значення напруженості поля біля 1 метра землі становить близько кількох тисяч вольт. Видалення від ЛЕП лише на 100 метрів відразу ж знижує показники напруженості до кількох десятків на 1 метр.

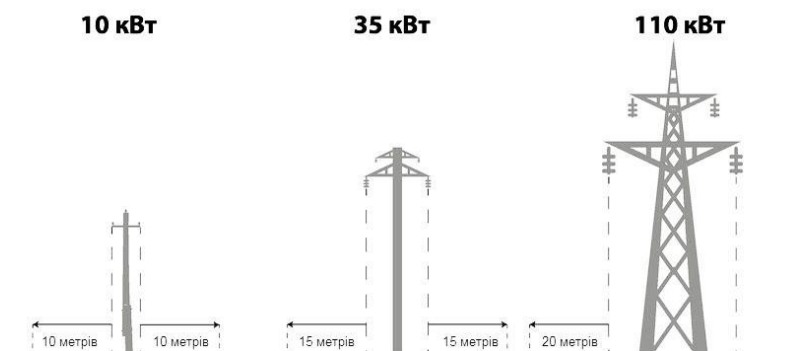
Як показали дослідження, на людину впливає поле з показником напруженості 1 кВ/м. Це негативно відбивається на роботі ендокринного апарату та обмінних процесів в організмі. У деяких випадках відбуваються зміни серцево-судинної системи, а саме: зміна тиску крові, ритму серцебиття тощо. Наголошувалися і на випадках змін мозкової діяльності, імунної системи. Проведені дослідження показують, що потужні поля із напруженістю понад 10 кВ/м впливають на екосистеми, а також у тілі людини викликають виникнення поверхневих струмів та зарядів.

Магнітні поля з промисловою частотою не є шкідливими для людини і не шкідливі для організму в цілому. А ось електричні поля поблизу ЛЕП – справді джерело біологічної дії на людський організм, живі організми та рослини.

Цікавий факт: місце найбільшого впливу на живий організм визначається як середина прольоту, тобто там, де найбільше провисають дроти. Рівень 1-2 метри від землі дає величини напруженості від 5 до 20 кВ/м і більше у випадку з ЛЕП під напругу в сотні та тисячі кіловольт. Місце, де висота проводів найбільша від землі, а також біля опор, які є ізолятором, мають найменшу напруженість.

У тілі людини такі рідини, як кров та лімфа характеризуються високою провідністю та більш чутливі для впливу електрополів. Під час проведення експериментів з'ясувалося, що на людей і тварин не впливає струм щільністю 0,1 мкА/см, оскільки власні біоструми живого організму мають велику щільність. Якщо щільність струму збільшити до 1 мкА/см, у людини може бути потемніння в очах, мимовільні рухові реакції, почуття занепокоєння і страху.

Охоронні зони ЛЕП



Важливою величиною, що впливає на результат впливу електричного поля, є час перебування в ньому. Дотримуючись умов безпеки, за 24 години організм відновлює свої функції без будь-яких наслідків, патологічних змін чи реакцій.