

УДК 621.316.004

О.Ю. Єгорова

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ПЕРІОДУ ВИПРОБУВАННЯ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ПІДВИЩЕНОЮ НАПРУГОЮ

У статті наведено методику визначення оптимальної періодичності силових кабельних ліній, що дозволяє враховувати марку кабелю, довжину лінії, номінальну напругу мережі і місця кабельної лінії в резервованій чи нерезервованій схемі мережі. Застосування даної методики на практиці дозволить не тільки покращити техніко-економічні показники електромережесвих підприємств, а і підвищити надійність роботи мережі та рівень електробезпеки.

Ключові слова: електрична мережа, кабельна лінія, надійність, потік відмов, періодичність випробувань, профілактичний контроль, випробування підвищеною напругою.

Вступ

Постановка проблеми. Близько половини електроенергії, що виробляється в країні, передається через міські розподільчі електричні мережі. Для забезпечення надійної роботи цих мереж, від якої, в остаточному підсумку, залежить надійність електропостачання споживачів застосовують різні профілактичні заходи й у тому числі періодичні планові випробування кабельних ліній підвищеною напругою. Такі випробування з однієї сторони знижують кількість аварійних відмов в електричних мережах і підвищують надійність їхньої роботи, а з іншої сторони вимагають певних витрат на їхнє проведення. Завдання вибору режиму проведення профілактичних випробувань має комплексний характер і повинна зважуватися на основі техніко-економічних обґрунтувань.

Аналіз публікацій. Питанням проведення профілактичних випробувань приділяється досить велика увага як з боку експлуатуючих, так і науководослідних організацій. Основна тематика присвячених цій проблемі робіт спрямована на дослідження й рішення таких завдань, як розробка методів проведення профілактичних випробувань, вибір й обґрунтування рівня іспитової напруги, а також періодичності проведення самих випробувань. При виборі методики проведення випробувань дослідники виходять насамперед з того, що тип і величини напруги, що прикладається при випробуваннях, повинні бути з однієї сторони безпечними для ізоляції, що може нормально функціонувати і далі, а з іншого боку - чітко й на ранній стадії виявляти місцеві дефекти, що можуть привести до відмов у роботі. Крім того, технологія проведення випробувань не повинна створювати значних організаційно-технічних труднощів для експлуатаційного персоналу й вимагати складного й громіздкого устаткування [1 – 3].

Профілактика ізоляції – це виявлення в електричній установці дефектів ізоляції, розрядна або пробивна напруга якої стала в ході експлуатації по-

мітно менше необхідної за нормативами і може знижуватися далі. Процес профілактичного контролю складається і з трьох етапів: випробувань, оцінки стану ізоляції і рішення про можливість подальшої експлуатації об'єкта.

Випробування – це прикладання іспитових напруг, вимір параметрів ізоляції або аналіз проб.

Оцінка стану ізоляції здійснюється шляхом порівняння результатів випробувань із нормами, а також з результатами попередніх випробувань. Оцінка загального стану ізоляції кабелю проводиться з урахуванням всієї отриманої інформації.

Рішення про можливість подальшої експлуатації або необхідності відновлювального ремонту і його терміновості базується на прогнозуванні функціональної надійності ізоляції.

Економічна доцільність системи контролю, як засобу підвищення надійності, полягає в тому, що витрати на його проведення й вартість ремонту або заміни відбракованих конструкцій виявляються менше збитків від аварій, які були б заподіяні при пробі відбракованої дефектної ізоляції. В [1] відзначаються три основні проблеми:

1. Визначення строків проведення профілактичних випробувань.
2. Визначення змісту профілактичних робіт.
3. Організація виконання профілактики.

Мета статті. Обґрунтувати ефективність використання сучасних, більш ефективних методик прогнозування відмов та визначення оптимальної періодичності перевірки силового кабелю.

Основний матеріал

Профілактичні заходи проводяться для підвищення надійності. Однак, через витрати часу на їхнє проведення знижується відповідна ефективність.

Тому що профілактичні заходи приводять до суперечливих наслідків, може бути встановлений цілий ряд оптимальних характеристик: строк проведення профілактики, вартість профілактичного об-

слуговування й т.п. профілактика оптимальна по одній з характеристик потім виявляється невідповідною по іншій.

У тих випадках, коли методами контролю стану ізоляції при робочій напрузі, а також неруйнівними не електричними методами контролю скористатися не представляється можливим (через відсутність, як правило, відповідних приладів й апаратури), найбільш зручним і повсюдно застосовуваним на практиці способом періодичного контролю стану

ізоляції кабельних ліній, залишається випробування підвищеною напругою постійного струму.

Періодичність випробування підвищеною напругою силових кабельних ліній повинна встановлюватися залежно від їхньої важливості, тобто місця в резервованих або нерезервованих схемах міської електричної мережі, параметра потоку відмов і відносної ефективності випробувань, тобто відсутності відмов під робочою напругою в проміжок часу між черговими випробуваннями.

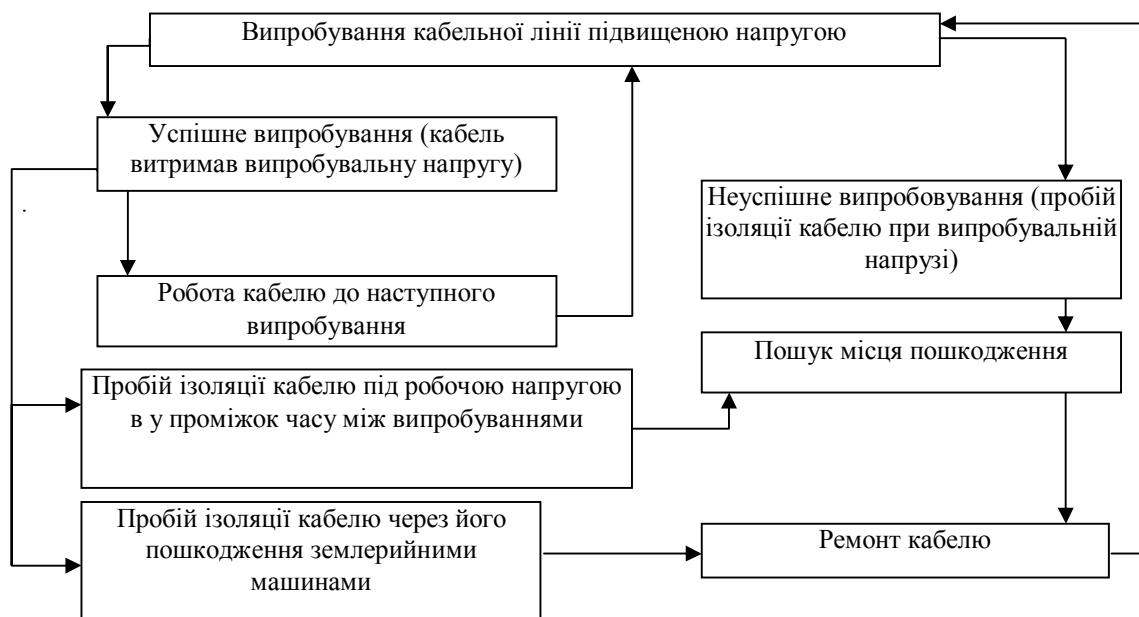


Рис. 1. До оцінки кількості випробувань кабельної лінії підвищеною напругою

Випробування кабельних ліній підвищеною напругою проводяться не тільки відповідно до прийнятої періодичності їхніх випробувань, але й після виконання ремонтних робіт через пробій ізоляції кабелю при випробуваннях і під робочою напругою (у результат старіння ізоляції або обриву кабелю землерийними машинами й механізмами) таким чином, кількість випробувань λ_i підвищеною напругою кабельної лінії протягом року можна оцінити як,

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i} + \lambda_{\text{н.и.}} + \lambda_a + \lambda_M, \quad (1)$$

де T_i – періодичність проведення випробувань кабельних ліній, років; $1/T_i$ – кількість планових випробувань кабельних ліній протягом року; $\lambda_{\text{н.и.}} = \frac{\alpha_1}{T_i}$ –

кількість пробітів ізоляції кабельної лінії при її випробуваннях, тобто число неуспішних випробувань; $\alpha_1 \leq 1$ – частка пробітів ізоляції кабельних ліній при їхніх планових випробуваннях підвищеною напругою від загальної кількості випробувань; $\lambda_a = \lambda_{a0} l$ – число пробітів ізоляції кабельної лінії довжиною l – під робочою напругою за рік; λ_{a0} – параметр по-

току відмов кабельної лінії під робочою напругою, відмова/км*рік; λ_M – параметр потоку відмов кабельної лінії під робочою напругою через попередні механічні ушкодження броні й оболонки кабелю, а також прямих механічних ушкоджень землерийними машинами й механізмами.

З матеріалів [2] відомо, що $\lambda_{\text{н.и.}} = (1-1,4)\lambda_a$, тобто коефіцієнт ефективності випробувань дорівнює (0,5-0,58) при рекомендуємому найбільшому значенні, його 0,9. Значення $\lambda_M = (0,36-1,6)\lambda_a$.

За даними [2], на основі методу найменших квадратів вдалося встановити лінійну залежність $\lambda_a = f(T_i)$ у вигляді [3]

$$\lambda_a = (a + bT_i)l \times 10^{-2}, \quad (2)$$

де a – постійна складова; дорівнює 0,56 й 2,35 відмова/100 км рік

$$b = (0,89-1,52) \dots \dots \frac{\text{отказ}}{100\text{км} * \text{год}},$$

де l – довжина лінії, км.

Значення $b=0,089$ отримане при $T_i = (0,4-0,83)$ року, тобто коли випробування

проводяться приблизно один раз в 5 місяців й 1 раз в 10 місяців, а значення $b=1,52$ відповідає періодичності проведення випробувань, рівне $(0,25-2)$ року, тобто 1 раз в 3 місяці й 1 раз в 2 роки.

Погрішність результату при цьому склала відповідно 7,4 й 15,1%.

З урахуванням зазначених значень $\lambda_{н.и}$, λ_a й λ_m , вираження (1) стане

$$\lambda_{и} = \frac{1 + \alpha_1}{T_{и}} + (1 + \alpha_2) \lambda_{a0} \ell. \quad (3)$$

Помітимо, що параметр λ_{a0} залежить від номінальної напруги кабельної лінії (тобто 6 або 10 кВ) і марки кабелю (СБ, АСБ, ААБ, ААШв іт.д.) [4].

При неуспішному випробуванні підвищеною напругою кабельної лінії потрібно знайти місце ушкодження ізоляції й виконати ремонт кабелю. Імовірна недовідпустка електроенергії протягом часу підготовки кабельної лінії до планових випробувань, проведення самих випробувань, виконання ремонтних робіт у випадку неуспішних випробувань, а також зворотного включення лінії в роботу можна не враховувати. Це пов'язане з наявністю резервування схеми електропостачання споживачів як по мережі напругою 6-10 кВ, так і частково по мережі напругою 0,38 кВ, а також з тим, що відключення кабельної лінії з обох кінців для проведення випробувань і місце, що має тут, короткочасне відключення однієї або декілька трансформаторних підстанцій розподільної лінії заздалегідь погоджується зі споживачами електроенергії, які вживають заходів до недопущення збитку від відключення підстанції від мережі. При аварійних ушкодженнях якоїсь ділянки кабельної лінії може мати місце недовідпустка електроенергії споживачам протягом часу (приблизно 1,7 години) пошуку й локалізації ушкодженої ділянки (при наявності неавтоматизованого резервування в мережі) або протягом часу пошуку ушкодженої ділянки.

Для повністю автоматизованої мережі електроенергії від аварійних відключень якої-небудь ділянки кабельної лінії не спостерігається.

ВИСНОВКИ

1. Показано технічну доцільність проведення профілактичних випробувань кабельних ліній підвищеною напругою сталого струму, а також безпека регламентованих рівнів іспитових напруг для кабельної ізоляції, що експлуатується в ординарних умовах.

2. Тривала, принаймні протягом 20 років, експлуатація силових кабелів в ординарних умовах не є основною причиною пробою їхньої ізоляції в роботі і при проведенні планових випробувань.

3. Обґрунтовано залежність оптимальної періодичності проведення випробувань кабельної лінії від схеми електричної мережі питомої електричної пошкоджуваності, тривалості ліквідації аварійних і профілактичних пробітів, величини збитку споживачеві від аварійної й планової недовідпустки електроенергії, вартості відновлення аварійних і профілактичних ушкоджень, довжини фідера.

Список літератури

1. Погарский В.И. О влиянии постоянно-переменного тока на изоляцию высоковольтных кабелей / В.И. Погарский // Труды ОРГРЭС. – 1957. – Вып. XIV/ – С. 48-52.
2. Опыт эксплуатации кабельных линий / под ред. В.А. Козлова. – Л.: Ленингр. Отд-ние, 1974. – 199 с.
3. Короткевич М.А. Методика оценки периодичности испытаний силовых кабельных линий 6-10 кВ повышенным напряжением / М.А. Короткевич // Энергетика (Изв. ВУЗов). – 1991. – № 7. – С. 26-32.
4. Короткевич М.А. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей / М.А. Короткевич. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2003. – 373 с.

Надійшла до редколегії 16.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.І. Канюк Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОСТИ ПЕРИОДА ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПОВЫШЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

О.Ю. Егорова

В статье приведена методика определения оптимальной периодичности силовых кабельных линий, что позволяет учитывать марку кабеля, длину линии, номинальное напряжение сети и место кабельной линии в резервируемой или нерезервированной схеме сети. Применение данной методики на практике позволит не только улучшить технико-экономические показатели электросетевых предприятий, но и повысить надежность работы сети и уровень электробезопасности.

Ключевые слова: электрическая сеть, кабельная линия, надежность, потицк отказов, периодичность испытаний, профилактический контроль, испытание повышенным напряжением.

DEFINITION OF AN OPTIMALITY OF THE PERIOD OF TEST OF CABLE LINES BY THE INCREASED TENSION

O.Yu. Egorova

The technique of determination of optimum periodicity of power cable lines that allows to consider cable brand, length of the line, rated voltage of a network and a place of the cable line in the reserved or not redundant scheme of a network is given in article. Application of this technique in practice will allow not only to improve technical and economic indicators of the electric network enterprises, but also to increase reliability of work of a network and, electrosecurity level.

Keywords: electric network, cable bus, reliability, nomtiцk refuses, periodicity of tests, thread monitoring, test the promoted tension.