

кількості пожеж у кожному із N населених пунктів. Для населених пунктів, в яких розміщені пожежонебезпечні об'єкти, враховують ймовірність появи пожеж і на цих об'єктах.

Властивості мережі доріг задаються матрицею L найближчих віддалей дорогами загального призначення між усіма населеними пунктами

$$L = \begin{vmatrix} l_{11}, l_{12}, \dots, l_{1N} \\ l_{21}, l_{22}, \dots, l_{2N} \\ \dots\dots\dots \\ l_{N1}, l_{N2}, \dots, l_{NN} \end{vmatrix} \quad (1)$$

де $l_{12}, l_{13}, \dots, l_{ij}$ - найкоротша віддаль дорогами загального призначення відповідно між i та j населеними пунктами ($i=1, \dots, N, j=1, \dots, N$); $l_{11}, l_{22}, \dots, l_{ii}$ - середні віддалі переїзду в межах i -о населеного пункту.

На підставі даних прогнозу річної кількості пожеж та матриці найкоротших віддалей, формується матриця обсягів переїздів для гасіння пожеж у населених пунктах $[K_i L_{ji}]$

$$[K_i L_{ji}] = \begin{vmatrix} k_1 l_{11}, k_2 l_{12}, \dots, k_N l_{1N} \\ k_1 l_{21}, k_2 l_{22}, \dots, k_N l_{2N} \\ \dots\dots\dots \\ k_1 l_{N1}, k_2 l_{N2}, \dots, k_N l_{NN} \end{vmatrix} \quad (2)$$

де $i=1, \dots, N$ - означає номер населеного пункту, де відбувається пожежа; $j=1, \dots, N$ - означає номер населеного пункту, де знаходиться пожежне депо.

На наступному етапі здійснюється розрахунок сумарних обсягів переїздів Q_i для множини $\{S^i\}$ всіх можливих варіантів розташування Π пожежних депо в N населених пунктах. При розрахунку сумарних обсягів переїздів Q_{Π} враховується умова, що гасіння пожеж в i -у населеному пункті здійснює пожежний підрозділ, який найближче розташований до нього.

Оптимальний варіант S^{opt} розташування Π пожежних депо в районі визначається за умови мінімуму сумарного обсягу переїздів пожежних підрозділів для гасіння пожеж в N населених пунктах, тобто

$$S^i = S^{opt} \text{ за умови } Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{\Pi} k_i l_{ij} \rightarrow \min.$$

Таким чином, використання запропонованого методу дає змогу обґрунтувати оптимальне місце розташування пожежних депо в сільському районі, враховуючи кількість населених пунктів, чисельність їх жителів, наявність пожежонебезпечних об'єктів та властивості мережі доріг району.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В.А. Доманский. Стратегія забезпечення пожежної безпеки держави.// Пожежна безпека. Зб.наук. праць ЛПБ.- Львів: Сполом, 2001.-С. 3-5
2. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства./ Н.Н.Брушлинский, В.В.Кафидов, В.И.Козлачков и др./ Под ред. Н.Н.Брушлинского.- М.: Стройиздат, 1988.- 413с.
3. Комяк В.М., Коссе А.Г. Математическое моделирование размещения пожарных депо на этапе проектирования жилищного строительства // Вестник ХГАДТУ, Харьков, 1999.- Вып.9.- С.60-62.
4. В.М.Комяк, А.Г.Коссе, С.В. Говаленков, О.М.Соболь Рациональне покриття міста пожежними депо з круговими нормованими зонами захисту //Пожежна безпека. Зб.наук. праць ЛПБ.- Львів: Сполом, 2001.-С. 417-419

5. Р.Т. Ратушний Обґрунтування місця розміщення пожежних підрозділів в сільських районах // Пожарная безопасность 2003. Материали VI научно-практической конференции. Харьков: АПБУ, 2003.

6. Р.Т. Ратушний. Прогнозування характеристик пожеж у сільському районі. // Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження №7.-Львів, 2003.- С.77-83

УДК 614. 841: 621.3

І.П.Кравець (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України), В.А.Кобко (МНС України)

ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ВІД СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

В статті приведено причини виникнення короткого замикання в сільських електричних мережах, які спричинюють аварійний стан електроустановки та становлять пожежну небезпеку сільському господарству; обґрунтовано актуальність проведення профілактичних заходів з метою зменшення або недопущення цього явища.

Метою наукової роботи є дослідження виникнення струмів короткого замикання в сільських електричних мережах, їх пожежної небезпеки та небезпеки для життя людей, створення умов безаварійної роботи електроустановки.

Мережа напругою 380\220 В звичайно отримує живлення від трансформаторів із з'єднанням обмоток УУ або УΔ, нейтраль обмотки нижчої напруги яких заземлена на підстанції. Нульовий провід з'єднує нейтраль трансформатора з електроприймачами. Цей провід використовують для одержання фазної напруги 220В або з'єднання металевих корпусів деяких приймачів із землею. Для більш надійного з'єднання з землею, а також для захисту від перенапруг грозового характеру, нульовий провід повторно заземлюють. Якщо мережа 380\220 В живиться від генератора, де його нейтраль заземлюють, то нульовий провід теж має повторне заземлення.

У місці перекриття або руйнування ізоляції відбувається з'єднання фаз між собою на нульовий провід або на землю [1]. Режим однофазного к.з. створюється, якщо порушується ізоляція між будь-якою фазою і землею або нульовим проводом. У мережі з глухим заземленням нейтралі можливий ще один вид к.з. - двофазне к.з. на землю.

Найчастіше трапляються однофазні к.з., вони становлять приблизно 65% загальної кількості замикань. Для інших видів к.з. цей показник розподіляється так: двофазні на землю – 20%, двофазні – 10%, трифазні – 5%. Трифазні к.з. – симетричні, а всі інші – несиметричні.

Коротке замикання відбувається через порушення ізоляції між фазами або між фазою і землею. До порушень ізоляції приводить ряд причин. Насамперед – це звичайне старіння ізоляції, в процесі якого під впливом багатьох факторів (температури, агресивного середовища і т.д.) ізоляція поступово втрачає свої властивості. Старіння ізоляції може відбуватися швидкими темпами, якщо вона перебуває в умовах, на які не розрахована. Наприклад, якщо переріз ізолюваного провідника вибрано заниженим від норми, то під впливом високих для нього струмових навантажень він перегріватиметься до максимальної для даної ізоляції температури і, в результаті, ізоляція цього провідника швидко втрачає свої початкові якості.

Внутрішні електричні проводки напругою 380\220В багатьох сільськогосподарських промислових приміщеннях (ферми, кормоцехи) перебувають в умовах агресивного для ізоляції провідників середовища. Врахування умов навколишнього середовища особливо важливе при виборі електродвигунів [2]. Наша електропромисловість виготовляє кілька

видів електродвигунів за кліматичним виконанням і категорією розміщення, у тому числі і для умов сільського господарства.

Неправильна експлуатація, неправильний вибір електродвигунів, при якому не враховується кліматичне виконання і категорія їхнього розміщення, приводять до швидкого старіння ізоляції електродвигуна, її псування і можливого к.з., тобто електродвигун передчасно виходить з ладу, тоді як при нормальній експлуатації середній термін його служби становить приблизно 15 років.

Однією з основних причин виникнення к.з. у мережі напругою 380\220 В є перенапруги грозового характеру. Ці перенапруги наводяться на проводах ПЛ (повітряних ліній) при грозі. Значення перенапруг, які виникають, можуть досягати десятків, а іноді і сотень кіловольт. Хвиля перенапруги, яка при цьому виникає, має дуже високий потенціал, достатній для пробоя ізоляції, і в місці її виникнення, відбувається к.з. Точніше, хвиля перенапруги через місце пробоя іде в землю, а слідом за нею під дією напруги ПЛ виникає електрична дуга струму промислової частоти. Коли ж потенціал хвилі менший від пробивної напруги ізоляції ПЛ, то вона поширюється по проводах вздовж лінії. Доходячи до місця, де ізоляція ослаблена, хвиля пробиває її, тобто знову ж таки виникає к.з.

Не зважаючи на ряд заходів, вжитих для обмеження потенціалу хвилі перенапруги, що може проникнути з ПЛ 380 В у внутрішні проводки, значення цього потенціалу все-таки може досягати 2-3 кВ. Це небезпечно для людей, тварин, ряду електро побутових приладів і ізоляції внутрішніх проводок. Звичайно, що під впливом такої перенапруги, ослаблена, наприклад, звичайним старінням, ізоляція внутрішніх проводок може пробиватися, що приводить до к.з.

У сільській місцевості часто гілки дерев торкаються проводів ПЛ 380 В або знаходяться від них у безпосередній близькості. При сильному вітрі від поштовхів цих гілок проводи можуть скручуватись, що спричиняє к.з. Можливі й інші причини, що викликають к.з. у мережі напругою 380\220 В (обриви провода з наступним торканням землі, помилки персоналу і т.д).

Наслідки к.з можуть бути різноманітними [3]. Різке зростання в короткозамкнутому колі струму приводить до зростання в квадратичній залежності термічної і динамічної його дії. Так, наприклад, якщо струм к.з. у порівнянні з нормальним режимом зріс у 10 разів, то електродинамічні зусилля між струмоведучими частинами і виділення тепла в них збільшилось в 100 раз. У зв'язку з тим, що в мережах напругою 380\220В сільськогосподарського призначення кратність струмів к.з. порівняно невелика, всі електричні апарати за умовою їх динамічної стійкості до дії струмів к.з. мають досить великий запас. По-іншому виглядає справа з термічною стійкістю цих апаратів.

У сільських мережах напругою 380\220 В використовуються проводи малих перетинів, тобто з достатньо великим активним опором [4]. Це, з однієї сторони, знижує кратність струмів к.з., а з іншої – збільшує його відключення, тому що захисні апарати мають обернено залежну характеристику часу спрацювання від струму. У підсумку, якщо врахувати, що виділення теплоти в деякому провіднику пропорційне квадратові струму, активному опору провідника і часу відключення струму к.з., то виявиться, що перегрів провідників може досягати небезпечних меж і це треба враховувати при виборі захисту від к.з.

Крім того, к.з. можуть порушувати встановлену роботу електродвигунів. При к.з. різко знижується напруга. Наприклад, у місці виникнення трифазного к.з. усі фазні і лінійні напруги рівні нулеві. При цьому знижується напруга і на шинах живильного джерела, і в результаті – на затискачах всіх електродвигунів, що живляться від нього. Оскільки зниження напруги при к.з. проходить досить швидко, то такий процес називають коливаннями напруги. Таким чином, к.з. приводять до коливань напруги на затискачах всіх електроприймачів, у тому числі і всіх електродвигунів, що живляться від даного джерела.

Якщо зниження напруги при к.з. виявилось глибоким, а час відключення к.з. є досить великим, то ті електродвигуни, які підключені не через магнітні пускачі, залишаться підключеними до мережі і частина з них до моменту відключення к.з. може встигнути загальмуватись аж до повної зупинки. Після відключення к.з. найближчим захистом напруга

на шинах джерела відновиться і почнеться груповий запуск електродвигунів, під час якого всі інші електродвигуни, які підключені, будуть споживати від джерела пускові або близькі до пускових струми.

Якщо мережа запроектована неправильно, то при груповому запуску, внаслідок виникнення великих пускових струмів, виникають великі втрати напруги. Внаслідок цього, всі або більшість електродвигунів не можуть розвинути необхідний пусковий момент і розкрутитись до номінальної частоти обертання, тобто вони виявляться в аварійному стані. Правильно виконаний тепловий захист електродвигуна або захист від перевантаження повинен спрацювати в цьому режимі і від'єднати від мережі електродвигуни, що не запустилися.

Коливання напруги, спричинене к.з., викликає небажані наслідки також для освітлювальних і комунально-побутових електроприймачів. При правильній роботі захисту від к.з. ці наслідки нешкідливі і виявляються, наприклад, у загасанні на тривалий час освітлювальних ламп і екранів телевізорів. Набагато серйознішими бувають ці наслідки, якщо захист відмовляє. В цьому випадку всі споживачі, приєднані до короткозамкнутих фаз, стають довгостроково підключеними на значно знижену напругу або на напругу, близьку за своїм значенням до нуля. Крім того, що ці споживачі в такому режимі будуть потерпати від перерви в електропостачанні, можливий вихід з ладу електродвигунів холодильників.

У мережі напругою 380\220 В найчастіше відбуваються однофазні к.з. При цьому виді к.з. струм значно менший, ніж при двофазних або трифазних, тому важко виконати досить чутливий захист, що реагує на однофазне к.з. Особливо важко здійснити чутливий до однофазних к.з. захист силового трансформатора. Недостатньо чутливий до однофазних к.з. захист, що використовувався донедавна в комплектних трансформаторних підстанціях, послужив однією з причин порівняно високої аварійності споживчих трансформаторів, що живлять мережі напруги 380\220 В.

Однофазні к.з. можуть створювати так звані неповнофазні режими, які досить небезпечні для електродвигунів. Неповнофазний режим утвориться, наприклад, при перегорянні запобіжника в одній фазі, обриві одного проводу або порушенні контакту одного з полюсів магнітного пускача чи автомата. Найчастіше неповнофазний режим створюється після перегорання в одній фазі запобіжника, який відключає однофазне к.з. Тому основним заходом, що запобігає неповнофазному режимові роботи електродвигунів варто вважати застосування трифазних захисних апаратів (автоматів) у силових електричних колах [2]. Якщо між виводами джерела живлення (наприклад трансформатора) і затискачами електродвигуна використовуються тільки трифазні захисні апарати, то відключення виниклого однофазного к.з. на лінії, що зв'язує джерело з електродвигуном, відбувається у всіх трьох фазах. Інакше кажучи, при спрацюванні трифазних апаратів захисту неповнофазний режим не утвориться.

Останнім часом, коли для електрифікації сільського господарства почали широко використовувати трансформатори потужністю 160-630 кВА, було зауважено ще один небажаний наслідок від впливу струмів к.з [5]. При невіддалених від трансформаторних підстанцій к.з. на повітряних лініях, виконаних проводом з невеликою площею поперечного перетину (менше 70 мм), виникають струми, що викликають досить великі динамічні зусилля – більші від ваги проводу в прольоті. При цьому можливий контакт проводів у прольотах між підстанцією і місцем к.з. У місцях безпосереднього зіткнення при такому контакті створюється електрична дуга, що виплавляє деяке заглиблення в тілі проводу. При повторенні цих явищ або під впливом великих механічних навантажень (наприклад, при ожеледиці) такий провід з ослабленим перетином може обірватися.

З точки зору електробезпеки особливо небезпечні обриви нульового проводу, тому що вони можуть привести до появи небезпечного для людей і тварин потенціалу на заземлених елементах електрообладнання, тобто до електротравматизму. Якщо, нарешті, врахувати, що к.з. приводить до ряду небажаних наслідків, у тому числі до пожеж та до масового враження електричним струмом людей і тварин, то стане очевидним, наскільки важливі профілактичні заходи щодо запобігання к.з.