

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 електроустаткування 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 електроустаткування.

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 зависоких 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.

Умови безаварійної роботи мережі напругою 380/220В створюють у ході її проектування, монтажу і експлуатації. До заходів, що значною мірою забезпечують нормальну експлуатацію мережі, відноситься, насамперед, правильний вибір площі поперечного перетину провідника [3]. При цьому враховують кілька факторів, у тому числі і нагрів провідників струмами навантаження. За умовою допустимого нагріву необхідно вибирати таку площу перетину провідника, щоб струм навантаження провідника з врахуванням можливих тривалих перевантажень не перевищував норму струмового навантаження, що допускається довгостроково для даної площі перетину нормами ПУЕ та ДНАОП 0.00-1.32 01. Не менш важлива й інша вимога цих нормативних документів: марка, вид проводки, і спосіб її прокладки повинні відповідати характеру навколишнього середовища. Крім того, в залежності від умов навколишнього середовища, приєднані до мережі електричні апарати, електроустаткування й електродвигуни повинні мати відповідне кліматичне виконання і категорію розміщення. При проектуванні електромережі повинні бути передбачені також відповідні захисні пристрої від к.з. і перевантажень і розраховані параметри їхнього спрацювання [2].

Будівельні й електромонтажні роботи із спорудження електромережі напругою 380/220В необхідно виконувати в строгій відповідності до проекту. Перед введенням в експлуатацію, нові ділянки мережі 380/220 В і електроустаткування, що приєднується до неї, потрібно піддавати приймально-здавальним випробуванням. Обсяг і норми приймально-здавальних випробувань приведені в ПУЕ. Основний вид цих випробувань у мережах 380/220В – вимір опору ізоляції мегомметром на 1000В при знятих плавких вставках і відключених електроприймачах як у силових, так і в освітлювальних колах. Тобто перед вимірами відключають усі електроприймачі, що утворюють електричне коло між проводами ділянки мережі, на якій вимірюють опір ізоляції.

Опір ізоляції мережі на ділянці між двома суміжними запобіжниками або за останніми запобіжниками між будь-яким фазним проводом і землею, а також між будь-якими фазними проводами повинен бути не менше 0,5 МОм [3]. При цьому тривалість випробування кабельних ділянок лінії встановлена рівною 1 хв. Опір ізоляції електродвигунів і електричних апаратів вимірюють також мегомметром на 1000В, причому окремо для кожного елемента, що перевіряється. Опір ізоляції котушок, магнітних пускачів, автоматів, статорних обмоток нових чи капітально відремонтованих асинхронних двигунів повинен бути не нижчим 0,5 МОм.

Експлуатацію мережі напругою 380/220 В і електроустаткування, приєданого до неї, варто проводити відповідно до Системи планово-попереджувального ремонту і технічного обслуговування електроустаткування, що використовується в сільському господарстві (ППРЕсг) [4]. Систематичне проведення технічних оглядів і своєчасних поточних ремонтів дозволяє правильно налагодити експлуатацію і попередити появу багатьох к.з.

Встановлення пристроїв захисного відключення (наприклад, типу ЗОУП-25) у рекомендованих, з точки зору техніки безпеки, місцях – ефективний захід щодо попередження к.з. [2]. Такі пристрої відключають ділянку мережі і підключене до неї електроустаткування не тільки у випадках дотику до струмоведучих частин людей чи тварин, але і коли опір ізоляції істотно знизився в порівнянні з нормованим рівнем. Для забезпечення надійної дії захисних пристроїв, необхідно періодично вимірювати навантаження й опір петлі "фаза-нуль". Навантаження рекомендується вимірювати струмовимірними кліщами 2 рази в рік, у години передбачуваного максимуму навантаження на контрольованій ділянці мережі [5]. Отримане значення струму використовують для вирішення питання про відповідність площі поперечного перетину провідника на даній ділянці до виміряного навантаження. Якщо навантаження на контрольованій ділянці мережі перевищило допустимі норми згідно з ПУЕ та ДНАОП 0.00-1.32-01, то необхідно вжити заходів для розвантаження цієї ділянки (якщо це можливо) чи збільшити площу поперечного перетину провідників на ньому. При цьому перевіряють також відповідність струмів плавких вставок або вставок розчіплювачів виміряному навантаженню.

З різних причин (окислення контактів, ослаблення натиску в контактному з'єднанні, вигорання контактних поверхонь) опір петлі "фаза-нуль" може істотно збільшитися. Це приведе до значного зниження струмів при однофазних к.з., відмови апаратів захисту від к.з., виносу небезпечного потенціалу на заземлені корпуси електроустановок, електротравматизму. Для запобігання цьому небезпечному явищу один раз на рік рекомендується вимірювати опір петлі "фаза-нуль" окремих ділянок мережі напругою 380/220 В. Опір вимірюють приладом типу М-417 без відключення джерела живлення. Результати вимірювань дозволяють обчислити необхідне значення струму однофазного к. з. і тим самим перевірити, чи буде спрацьовувати розташований в даному місці захисний пристрій від к. з.

Оскільки пристрої захисту не можуть запобігти появі к.з., а лише можуть своєчасно від'єднати електромережу при виникненні к.з., ми робимо висновок, що запобігання к.з. забезпечується правильним проектуванням, якісним монтажем і технічно грамотною експлуатацією електроустановок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Семочко Г.Ю., Юзьків Т.Б. та ін. Комплексне дослідження пожежі // Навчально-методичний посібник.— Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2001.-79 с.
2. Беляев А.В. Выбор аппаратуры защиты и кабелей в сетях 0,4 кВ. — Л.: Энергоатомиздат, 1988. — 172 с.
3. Бойченко В.И. Особенности расчетов токов короткого замыкания в распределительных сетях. — Л.: Энергия, 1995. — 85 с.
4. Симоновский С.Ф. Защита сельских электрических сетей от коротких замыканий и перегрузок. — М.: Колос, 1983. — с. 3 - 18, 48 - 72.
5. Смелков Г.И., Фетисов П.А. Возникновение пожаров от коротких замыканий в электропроводах. — М.: Стройиздат, 1989. — с. 11 - 65.

УДК 539.3:517.958

*Н.П.Кухарська, к.ф.-м.н. (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України),
В.М.Кухарський, к.ф.-м.н. (Львівський національний університет імені Івана Франка)*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ

Розглянуто застосування прямого методу граничних елементів для визначення статичних напружень конструктивних елементів споруд та пожежної техніки. Показано, що особливу цінність має використання, створеного на основі гранично-елементного підходу, комплексу прикладних програм для розв'язання задач теорії пружності в областях із зонами великих градієнтів напружень.

Головною причиною проведення нами наукових досліджень було прагнення створити високоефективне алгоритмічне та програмне забезпечення розрахунку двовимірних статичних задач пружності, яке б дозволило адекватно реаліям враховувати складну геометрію та різноманітність навантажень. Це зумовлено, в першу чергу, практичними запитами. Оскільки, володіння інформацією про напружено-деформований стан будівельних конструкцій та складових елементів пожежного устаткування, з урахуванням дефектів структури типу тріщин, зовнішніх впливів довільного характеру є вкрай важливим як на етапі їх розробки і проектування, так і для прогнозування довготривалої і безпечної, зокрема при проведенні аварійно-рятувальних робіт та пожежогасіння, експлуатації. Основні результати розв'язання зазначеної проблеми аналітичними методами відображені у низці