



ВІСТІ

82111, Україна
Львівська область
м. Дрогобич
вул. Самбірська, 76

<http://jdm1.donntu.edu.ua/>

e-mail: visti@donntu.edu.ua

*Редакційна колегія
журналу вітає з 60-річчям
головного редактора
Сергія Вікторовича
Подкопаєва!*

ДОНЕЦЬКОГО ГІРНИЧОГО ІНСТИТУТУ



Шановний Сергію Вікторовичу!
Сердечно вітаємо Вас із ювілеєм!

З нагоди ювілею бажаємо Вам родинного тепла і затишку, міцного здоров'я, найповнішої реалізації нових задумів, довгих років плідної праці та нових наукових звершень. Нехай невичерпна енергія й оптимізм і надалі будуть Вашими постійними супутниками в житті, а доля подарує багато світлих років у мирі та добробуті.

З повагою та найкращими побажаннями,
редакційна колегія Всеукраїнського науково-технічного журналу «ВІСТІ ДОНЕЦЬКОГО ГІРНИЧОГО ІНСТИТУТУ»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ВІСТІ

ДОНЕЦЬКОГО ГІРНИЧОГО ІНСТИТУТУ

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Виходить 2 рази на рік

Заснований у липні 1995 року

2 (55)' 2024

В журналі публікуються наукові статті за результатами досліджень і розробок в галузі технічних наук. Журнал розрахований на наукових співробітників, інженерно-технічних робітників підприємств, проєктних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів, докторантів та аспірантів.

Засновник та видавець – Донецький національний технічний університет

Головний редактор: С.В. Подкопаєв, д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна).

Заступник головного редактора: Д.А. Чепіга, канд. техн. наук (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна)

Відповідальний секретар: О.О. Ісаєнков, канд. техн. наук доцент, (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна).

Англомовний редактор: М.М. Кабанець, д-р. пед. наук, доц. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна).

Міжнародна редакційна колегія: R. M. Bhattacharjee, Professor (Indian Institute of Technology, Dhanbad Jharkhand, India); Nestor Oszczypko, Professor, Dr of Sciences (Institute of Geological Sciences Jagellonian University, Krakow, Poland); Józef Parchański, Prof. Dr.-Ing., Dr.h.c. (Politechnika Śląska, Gliwice, Poland); Andrzej Solecki, Professor, Dr of Sciences (Institute of Geological Sciences Wrocław University, Wrocław, Poland); Upendra Kumar Singh, Professor (Indian Institute of Technology, Dhanbad Jharkhand, India).

Національна редакційна колегія: О.В. Агафонов, д-р техн. наук, с.н.с. (ПрАТ «Донецьксталь», м. Покровськ, Україна); В.І. Альохін, д-р геолог. наук, доц. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); Б.В. Болібрух, д-р техн. наук, проф. (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна); І.М. Бубняк, канд. геол. наук, доц. (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна); С.М. Гапєєв, д-р техн. наук., доц. (НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна); В.А. Глива, д-р техн. наук, проф. (Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна); В.Б. Гого, д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); І.О. Єфремов, д-р техн. наук, доц. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); О.Е. Кіпко, д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); В.К. Костенко д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); О.Є. Кружилко, д-р техн. наук, с.н.с. (ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка», м.Маріуполь, Україна); В.В. Левіт, д-р техн. наук, проф. (ПрАТ «Донецьксталь», м. Покровськ, Україна); Я.О. Ляшок, д-р економ. наук, доц. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); А.В. Мерзлікін, канд. техн. наук, доц. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); С.П. Мінеєв, д-р техн. наук, проф. (Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова, м. Дніпро, Україна); С.Г. Негрій, д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); Т.О. Негрій, канд. техн. наук, доц. (ДВНЗ «Київський національний університет будівництва і архітектури», м. Київ, Україна); М.В. Петльований, канд. техн. наук, доц. (НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна); І.О. Садовенко, д-р техн. наук, проф. (НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна); І.Г. Сахно, д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); Н.Ю. Ляшок, канд. ек. наук, доц. (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна); С.В. Сукач, д-р техн. наук, доц. (Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна); О.В. Третьяков, д-р техн. наук, проф. (Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна); О.М. Шашенко, д-р техн. наук, проф. (НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна); С.І. Чеберячко, д-р техн. наук, проф. (НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна).

Технічні редактори: А.В. Петренко, М.О. Григорєць (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна).

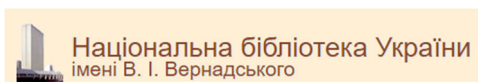
Журнал «Вісті Донецького гірничого інституту» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні науки)», затвердженого рішенням Атестаційної колегії МОН України щодо діяльності спеціалізованих вчених рад, наказ №374 від 13 березня 2017 р.

Журнал «Вісті Донецького гірничого інституту» внесено до категорії “Б” “Переліку наукових фахових видань України”, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук за спеціальностями 184–“Гірництво” та 263–“Цивільна безпека” (рішення Атестаційної колегії МОН України щодо діяльності спеціалізованих вчених рад, наказ №975 від 11 липня 2019 р. Діє з 11.07.2019 р.)

Журнал зареєстрований в Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво: серія КВ, №7378 від 03.06.2003.

Електронна версія журналу зберігається у [Національній бібліотеці України імені В.І. Вернадського](#), внесено до [Національного репозитарію академічних текстів](#). Журнал індексується у загальнодержавній базі даних «Україніка наукова», а також у міжнародних наукометричних базах даних: [Index Copernicus](#), [Citefactor](#), [International Society for Research Activity \(ISRA\) Journal Impact Factor \(JIF\)](#), [International Accreditation and Research Council \(IARC\)](#), [Root Society for Indexing and Impact Factor, Service \(Rootindexing\)](#), [General Impact Factor \(GIF\)](#), [Academic Resource Index \(ResearchBib\)](#).

Google Scholar



ISSN 1999-981X

© Автори статей, 2024

ЗМІСТ

І.М. Бессараб, О.В. Демченко, О.Ю. Підгурна, Є.С. Подкопаєв, М.М. Власенко, Д.В. Полій Оцінка стійкості покрівлі у виробленому просторі виїмкової дільниці	9
Ю.І. Чеберячко, А.О. Хорольський, І.А. Лісовицька, О.Р. Мамайкін, О.В. Беднюк Оцінка впливу динаміки вентиляційного потоку на пилоутворення під час руйнування гірничих порід комбайном	19
Є.С. Руднєв, В.А. Попович, Е.М. Філатьєва, М.І. Антощенко Про вплив фільтраційних та мікропор на газодинамічні властивості шахтопластів	29
О.І. Сергієнко, Л.В. Сергієнко Обґрунтування способу визначення часу руйнування шарів покрівлі над виробленим простором лав з урахуванням тріщиностійкості порід	36
В.К. Костенко, О.П. Богомаз, С.О. Сідней, О.І. Кутняшенко, М.І. Таврель, С.О. Вірич Використання відходів гірництва для збереження вологості ріллі	48
Н.В. Рашкевич, Ю.А. Отрош, А.І. Ковальов, І.В. Плотніков, В.М. Сур'янінов Інноваційні заходи в проектуванні протипожежних перешкод трансформаторних підстанцій	59
А.П. Бочковський, Л.І. Солоненко, Н.Ю. Сапожнікова, В.М. Пуріч Соціальне страхування від нещасних випадків та професійних захворювань: моделі та їх аналіз	67
Д.І. Радчук, Ю.І. Чеберячко, С.І. Чеберячко, М.М. Наумов, Б.Д. Кравченко Розробка програми для розрахунку прогнозного часу експлуатації протигазових фільтрів	80
Н.М. Козяр, О.В. Кириченко, В.А. Ващенко, Є.В. Школяр, М.А. Куценко, М.Г. Томенко, С.В. Гончар, С.О. Колінько Закономірності процесу горіння частинок металевого пального у продуктах розкладання піротехнічних багатокомпонентних нітратно-металізованих сумішей	92
В.І. Голінько, В.А. Забеліна Контроль вмісту парів бензину в організованих викидах автозаправних станцій	106
Є.С. Сиройд, О.М. Толкач, А.А. Сидоренко, О.О. Кузнецов, Д.М. Білобров Оптимізація режимних параметрів алмазно-канатного різання для підвищення ефективності видобутку природного каменю	113

УДК 614.841

<https://doi.org/10.31474/1999-981X-2024-2-59-66>

Н.В. Рашкевич
Ю.А. Отрош
А.І. Ковальов
І.В. Плотніков
В.М. Сур'янінов

ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ В ПРОЄКТУВАННІ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ПЕРЕШКОД ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

Мета. Дослідити проєктні рішення з удосконалення комплексного підходу щодо забезпечення пожежної безпеки трансформаторних розподільчих підстанцій.

Методи. Аналіз та синтез, узагальнення матеріалів наукових робіт, нормативної, проєктної та технічної документації, теорії прийняття рішень.

Результати. Проєктні рішення на огорожувальну протипожежну конструкцію повинні містити у своєму складі розділи: 1. Архітектурно-будівельна частина. 2. Вентиляція. 3. Електроживлення та електроосвітлення. 4. Пожежна сигналізація. 5. Автоматизація. Комплекс трансформаторних підстанцій, що огорожується протипожежними перешкодами з урахуванням описаних проєктних рішень із статичної будівельної споруди перетворюється в динамічну електрифіковану конструкцію, керовану логічними пристроями. Пристрої реагують на стан технологічних параметрів об'єкту. Під час проєктування та виготовлення протипожежних перешкод слід враховувати результати аналізу потенційних загроз та ризиків пожежі, вогнестійкість конструкцій, дизайн, відповідність стандартам та нормам безпеки. Удосконалено комплексний підхід щодо забезпечення пожежної безпеки трансформаторних підстанцій. Рішення з проєктування протипожежних перешкод враховують не тільки захист від розповсюдження пожежі, але й виявлення пожежі на початкових стадіях, а також забезпечення безпечного перебігу технологічних процесів об'єкту оснащення.

Наукова новизна. Удосконалено проєктні рішення зі створення протипожежної перешкоди при огороженні відкритих трансформаторних підстанцій підприємства, що полягає в використанні комплексного підходу, який включає, окрім будівельних рішень, використання сучасних засобів автоматизації та виміральної техніки. Будівельна частина доповнюється вентиляційними отворами, осьовими витяжними вентиляторами з протипожежними клапанами із електроприводом. Встановлюються датчики диму, температури та оптичні датчики полум'я, прилади освітлення у вибухозахищеному виконанні, релейні логічні модулі управління.

Практична значимість. Реалізація проєктних рішень сприятиме не тільки захисту від розповсюдження пожежі на об'єкті з трансформаторною підстанцією, але й забезпечить виявлення пожежі на початковій стадії, а також безпечний перебіг технологічних процесів об'єкту оснащення.

Ключові слова: трансформаторна підстанція, пожежна безпека, протипожежні перешкоди, забезпечення безпеки, проєктні рішення.

Вступ.

У зв'язку зі змінами у світовому безпековому середовищі під час повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України, яка з 2014 року переживає безперервне знищення об'єктів цивільної та соціальної інфраструктури, особливо об'єктів електроенергетики, країна стоїть перед величезним завданням відновлення. Адже великі концентрації енергії на таких об'єктах, особливо на трансформаторних підстанціях, створюють потенційно високий ризик виникнення та поширення пожеж. Застосування інноваційних рішень може значно знизити ризик виникнення пожеж та максимально забезпечити безпеку як для працівників, так і для населення [1]. Розробка та впровадження новітніх технологій в

проєктуванні протипожежних перешкод трансформаторних підстанцій має на меті не лише запобігти виникненню пожеж, але й зменшити їхні наслідки в разі неминучості настання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

В процесі перетворення напруги трансформатором за рахунок електричного опору генерується тепло. Ізоляційні рідини (масла) використовуються для поглинання цього тепла. Ці рідини можуть витікати через прокладки, тріснуту ізоляцію або ослаблені кришки люків [2], що може призвести до пожежі та/або вибуху через прямий контакт мастила з елементами високої напруги [3]. Руйнування масляних баків або вилив масла є найгіршим варіантом розвитку подій [4].

Випадки пожеж на трансформаторних підстанціях [5–7] демонструють серйозні наслідки небезпеки та їхній потенційний вплив на безпеку критичних елементів об'єктів електропостачання.

Останніми роками ймовірність відмов трансформаторів зростає через їх старіння чи зовнішні небезпеки [8]. Від 70 % до 80 % усіх несправностей трансформаторів пов'язані з порушенням ізоляції внутрішньої обмотки [9]. Запропонована діагностична методика [10] описує процедури контролю терміну служби трансформаторного обладнання, але не описує заходи безпеки.

Відмови трансформаторів можуть бути надзвичайно небезпечними, але щоб обмежити пошкодження критичних елементів, мінімізувати час простою підприємства та підвищити рівень безпеки персоналу, їх можна контролювати за допомогою належних протипожежних заходів. До основних методів захисту можна віднести протипожежні бар'єри [11], системи охолодження [12], системи протипожежного захисту на водній основі [13], захисні оболонки, дренаж та захист від блискавки [14].

Сучасні підходи щодо обмеження поширення пожеж недостатні й економічно затратні [15].

Основні нормативні документи з питань пожежної безпеки в галузі електробезпеки в Україні, серед яких «Правила улаштування електроустановок» (ПУЕ), «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», «Правила експлуатації електрозахисних засобів», «Порядок проведення опосвідчення електроустановок споживачів», «Правила влаштування електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція», ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», містять вимоги, рекомендації та стандарти щодо проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування трансформаторних підстанцій з метою забезпечення їхньої пожежної безпеки. Вони визначають необхідність застосування вогнезахисних речовин, систем пожежогасіння, евакуаційних маршрутів, заходів зі зниження

ризиків пожежі та інших важливих аспектів пожежної безпеки. Однак, недостатньо уваги приділяється розробкам щодо обмеження поширення пожеж за допомогою протипожежних перешкод – врахування інноваційних підходів під час проектування [16, 17]. Тому, актуальним науково-технічним завданням постає розробка комплексних заходів щодо захисту об'єктів критичної інфраструктури, таких як трансформаторні розподільчі підстанції, від зовнішніх небезпечних впливів воєнного характеру на всіх етапах «циклу збройного конфлікту».

Мета статті (постановка завдання).

Метою роботи є дослідити проектні рішення з удосконалення комплексного підходу щодо забезпечення пожежної безпеки трансформаторних підстанцій з метою не тільки захисту від розповсюдження пожежі, але й виявлення пожежі на початкових стадіях, а також забезпечення безпечного перебігу технологічних процесів об'єкту захисту.

Методи дослідження.

У ході досліджень комплексно використовувались методи аналізу та синтезу, узагальнення матеріалів наукових робіт, нормативної документації, проектної та технічної документації, теорії прийняття рішень.

Для розробки інноваційних заходів обрано об'єкт, що представляє собою 6 відкритих трансформаторних підстанцій, які розташовані у приміщенні основного цеху підприємства. Підприємство спеціалізується на виробництві обладнання для атомних електростанцій. Виробництво відоме своїми розробками та виробництвом реакторних установок, турбін, генераторів та іншого обладнання, необхідного для ефективної роботи атомних електростанцій. Обрані трансформаторні підстанції призначені для забезпечення потреб електроживлення технологічного устаткування підприємства.

Технічне завдання полягає у створенні огорожувальних протипожежних конструкцій для недопущення розповсюдження пожежі, що може виникнути внаслідок займання трансформаторної підстанції. При цьому конструкції, що створюються, повинні зберігати свою стійкість не менше 60 хвилин

під час пожежі, тобто часу, за який відповідні аварійні служби підприємства зможуть вжити необхідні заходи для ліквідації пожежі та евакуації працюючого персоналу із зони можливого негативного впливу пожежі [18].

Виклад основного матеріалу.

Пожежна небезпека трансформаторних підстанцій є серйозним аспектом, який потребує уваги та вдосконалення системи протипожежного захисту.

Протипожежні перешкоди – конструкції з певною (нормованою) межею вогнестійкості. Вони призначені для поділу обсягів на менші площі приміщення, що забезпечує захист від швидкого поширення відкритого полум'я, диму. Правильне розташування перешкод гарантує тимчасову локалізацію вогню в місці загоряння, знижує рівень задимленості, збільшує час для евакуації з небезпечної зони.

Під час проектування та виготовлення протипожежних перешкод слід враховувати:

- аналіз потенційних загроз та ризиків пожежі, що допоможе визначити прийнятний рівень захисту та види протипожежних перешкод;

- матеріал для виготовлення, такі як спеціальні вогнезахисні речовини або вогнезахисні конструкції;

- дизайн перешкод, який буде ефективно обмежувати поширення вогню;

- відповідність стандартам та нормам безпеки; монтаж та обслуговування згідно з проектом та інструкціями виробника.

Проектні роботи – це важлива складова частина процесу проектування і будівництва трансформаторних підстанцій з урахуванням вимог безпеки та пожежної безпеки. Основні етапи цих проектних робіт:

1. Робоча група проводить аналіз діючих вимог та стандартів щодо пожежної безпеки трансформаторних підстанцій.

2. Вибір матеріалів для будівництва огорожувальних протипожежних конструкцій, які мають високу тепло- та вогнестійкість.

3. Розробка дизайну огорожувальних конструкцій, які мають витримувати високі температури протягом тривалого часу.

4. Розгляд можливостей інтеграції огорожувальних конструкцій з системою пожежогасіння та автоматичного сповіщення про пожежу.

5. Проведення випробувань огорожувальних протипожежних конструкцій для переконання у їхній ефективності.

6. Підготовка технічної документації та отримання затверджень від відповідних органів з питань пожежної безпеки.

7. Після будівництва здійснюється контроль за відповідністю огорожувальних конструкцій згідно вимогам та стандартам.

Проектні роботи спочатку включають виключно архітектурно-будівельну частину, що передбачає створення методом зварювання металевого каркасу з профільної металеві труби 120×120×6 мм по периметру трансформаторної підстанції. Потім металевий каркас у горизонтальній площині доповнюється поперечними балками з профільної металеві труби 80×80×5 мм.

Отриманий металевий каркас покривається спеціальною сумішшю, що підвищує межу вогнестійкості конструкції до нормованих значень [19]. Далі проектом передбачається накриття виготовленого металевого каркасу вогнестійкими (EI90) сандвіч-панелями (рис. 1).

Внаслідок повного накриття відкритих трансформаторних підстанцій, в ході проектування виникає ряд питань, що повинні бути враховані у технічному завданні та при реалізації проекту:

- в утвореному огорожувальними конструкціями приміщенні стало темно, працювати в такому приміщенні неможливо (раніше підстанція освітлювалась цеховим освітленням);

- тепло, що згенеровано трансформаторною підстанцією, не відводиться, оскільки нове приміщення практично герметично відділено від приміщення цеху, тобто пожежна небезпека об'єкту тільки збільшується;

- трансформаторна підстанція при конструктивному відділенні від приміщення цеху не може користуватись системою пожежної сигналізації цеху.

Проект протипожежних огорожувальних конструкцій повинен бути доповнений розділами: «Електроживлення та електроосвітлення», «Вентиляція», «Пожежна сигналізація».

При виникненні пожежі конструкція має забезпечити обмеження поширення пожежі. Проте, робота вентиляційних систем передбачає наявність вентиляційних отворів

із встановленими витяжними вентиляторами, які, відводячи тепло, не допускають критичного пожежонебезпечного підвищення температури в середині конструкції. Для цього необхідно врахувати проектом два режими роботи вентиляції:

– при відсутності пожежі вентиляційні отвори мають бути відкриті, а витяжні вентилятори працювати;

– при виникненні пожежі вентиляційні отвори мають бути закритими, забезпечуючи цілісність утримуючої конструкції, а вентилятори мають вимикатись.

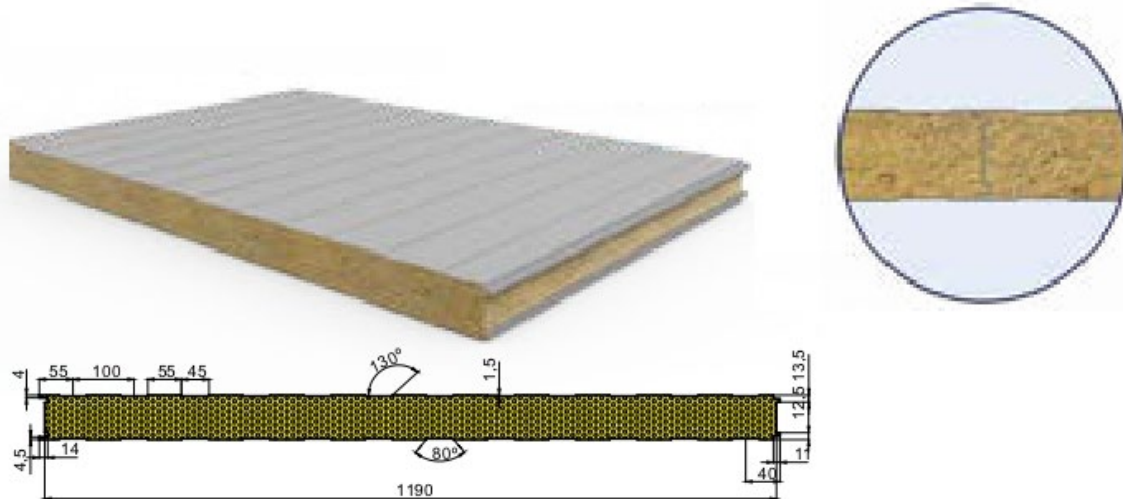


Рис. 1. Зображення вогнестійкої сендвіч-панелі.

Отже, в остаточному варіанті проєкт на огорожувальну протипожежну конструкцію повинен містити у своєму складі розділи: 1. Архітектурно-будівельна частина. 2. Вентиляція. 3. Електроживлення та електроосвітлення. 4. Пожежна сигналізація. 5. Автоматизація.

Конструкція із статичної будівельної споруди перетворюється в динамічну електрифіковану конструкцію, керовану логічними пристроями, що змінює свої властивості в залежності від стану технологічних параметрів об'єкту.

В технологічному плані, після внесення доповнень та розширення проєкту новими розділами, основні проєктні рішення виглядатимуть наступним чином:

1. Будівельна частина доповнюється вентиляційними отворами (по 2 на кожен трансформаторну підстанцію).

2. Для кожної огорожувальної конструкції в перший вентиляційний отвір, для відведення тепла встановлюється осьовий витяжний вентилятор. Другий отвір кожної конструкції закривається вентиляційною решіткою. Таким чином забезпечується конвекція повітря всередині

конструкції, коли через один отвір надходить повітря, а через інший примусово виводиться вентилятором. Для автоматичного включення витяжного вентилятора при досягненні граничних значень температури всередині конструкції, встановлюється термостати, що автономно вмикають/вимикають вентилятори. Для перекриття вентиляційних отворів в кожний отвір встановлюється протипожежні вентиляційні клапани типу 1-КН-П класом вогнестійкості EI180 із електроприводом, що за командою керуючої автоматики відчиняє/зачиняє засувку клапану (рис. 2).

3. В приміщенні кожної огорожувальної конструкції в рамках пожежної сигналізації встановлюються датчики диму, температури та оптичні датчики полум'я. Сигналізація повинна містити також ручні сповіщувачі, що встановлюються ззовні та всередині біля дверей кожної конструкції.

4. В приміщеннях кожної конструкції передбачається встановлення електроосвітлюючих приладів у вибухозахищеному виконанні класом захисту IP 67, що відповідають вимогам ПУЕ

для вказаного класу приміщень. Передбачається аварійне освітлення та електронні покажчики виходу на акумуляторних батареях. Електричне живлення всіх приладів здійснюється кабелями, що не розповсюджують горіння та придатні для використання у вибухонебезпечних середовищах (броньовані).

5. Зовні конструкції в рамках автоматизації управління, встановлюються релейні логічні модулі управління, на які заводяться сигнали від пожежної сигналізації, сигнали управління електроприводами вентиляційних клапанів, та управляючі сигнали термостатів.

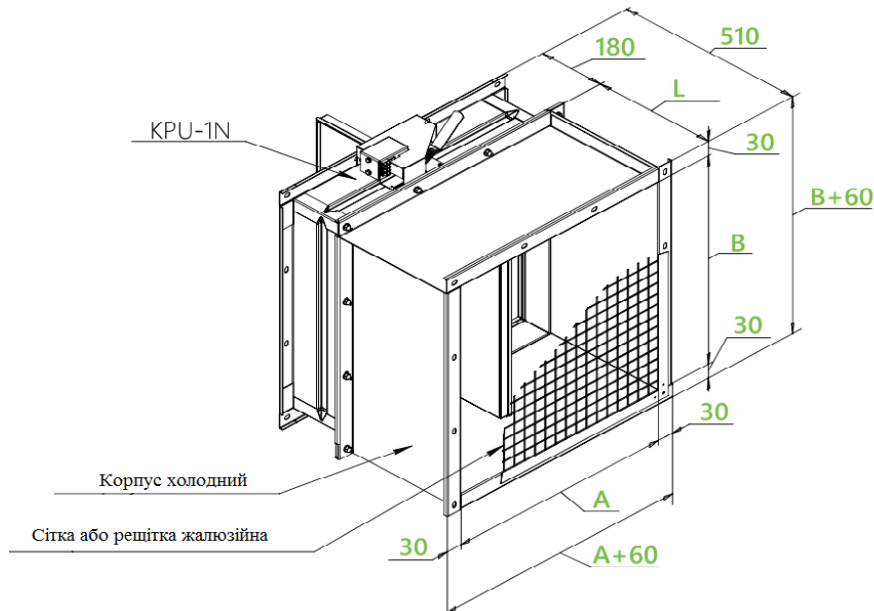


Рис. 2. Схема протипожежного вент-клапану.

Загальний алгоритм роботи огорожувальної протипожежної конструкції трансформаторної підстанції виглядає наступним чином: будівельна конструкція забезпечує необхідний клас захисту від пожежі, термостат контролює температуру всередині конструкції та вмикає, за необхідності, вентилятори, що забезпечують конвекцію повітря через відкриті протипожежні клапани, датчики пожежної сигналізації безперервно контролюють стан пожежної безпеки конструкції (дим, температури полум'я) та передають дані на модуль управління. При виникненні ознак пожежі, пожежна сигналізація дає сигнал на автоматику (паралельно сигнал передається на центральний пульт підприємства), автоматика, в свою чергу, відключає вентилятори, закриває протипожежні клапани, вмикає електроживлення та переводить освітлення в аварійний режим, а також вмикає звукову сигналізацію про виникнення пожежі. При поверненні контрольованих параметрів до нормальних

значень всі системи переходять у нормальний режим автоматично.

Висновки.

За результатами наукових досліджень удосконалено комплексний підхід щодо забезпечення пожежної безпеки трансформаторних підстанцій. Рішення з проектування протипожежних перешкод враховують не тільки захист від розповсюдження пожежі, але й виявлення пожежі на початкових стадіях, а також забезпечення безпечного перебігу технологічних процесів об'єкту оснащення.

Список літератури

1. Sadkovyi V., Andronov V., Semkiv O., Kovalov A., Rybka E., Otrosh Y., Udianskyi M., Koloskov V., Danilin A., Kovalov P. *Fire resistance of reinforced concrete and steel structures*. 2021. 180 p. DOI: 10.15587/978-617-7319-43-5
2. Gray I. A. R. *A guide to transformer oil analysis. Transformer Chemistry Service*. IAR Gray. 2009.
3. Muller S., Boiarciuc M.P., Perigaud G. *Protection of oil-filled transformer against explosion: Numerical simulations on a 200 MVA transformer*. Proc. IEEE Bucharest Power Tech Conference. 2009. P. 1–8.

4. El-Harbawi M., Al-Mubaddel F. Risk of fire and explosion in electrical substations due to the formation of flammable mixtures. *Scientific reports*. 2020. 10(1). 6295.
5. EL-Harbawi M. Fire and explosion risks and consequences in electrical substations - A transformer case study. *ASME Open Journal of Engineering*. 2022. 1. 014501.
6. Calitz D., Hennig E. G., Gray S., Schweiger E. Power transformers: Mitigate Environmental Impact and Fire Risk Reduction and be prepared for the Unexpected. In: *2020 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*. IEEE, 2020. P. 1–5.
7. Berg H.-P., Fritze N. Power plant transformer explosion and fire. *Journal of Polish Safety and Reliability Association*. 2010. 1(1). P. 35–42.
8. Heinz-Peter Berg, Nicole Fritze Reliability and vulnerability of transformers for electricity transmission and distribution. *Journal of Polish Safety and Reliability Association Summer Safety and Reliability Seminars*. 2015. 6(3). P. 15–24.
9. Gajić Z., Brnčić I., Hillström B., Ivanković I. Sensitive turn-to-turn fault protection for power transformers in Joint Meetings of Cigré Study Committee B5 and IEEE Power System Relaying Committee, with the Study Committee B5 Colloquium. 2005.
10. Зозуля Д. В. Разработка и научное обоснование технических предложений по повышению надёжности, энергетической эффективности и продлению ресурса трансформаторов ТНЦ-1250000/330 на блоках АЭС Украины. *Збірник: Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля*. 2013. 20. С. 57–67.
11. Ng A.K.L. *Risk assessment of transformer fire protection in a typical New Zealand high-rise building*. University of Canterbury. Civil Engineering. 2007. 189 p.
12. Raeisian L., Niazmand H., Ebrahimnia-Bajestan E., Werle P. Thermal management of a distribution transformer: An optimization study of the cooling system using CFD and response surface methodology. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2019. 104. P. 443–455.
13. Liang P., Zhou T., Chen B., Wu C., Liu Y. *Experimental study on the effectiveness of water mist containing surfactant on extinguishing transformer oil fire*. In *2021 IEEE 5th Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)* (pp. 3698–3703). IEEE.
14. Mehta S. Exploring the fire protection facility in power substation. *SAARJ Journal on Banking & Insurance Research (SJBIR)*. 2022. Vol. 11. Issue 06. P. 97–104.
15. Климась Р.В., Ніжник В.В. Дослідження існуючих підходів до обмеження поширення пожеж на трансформаторних підстанціях. Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. 2021. С. 31–33.
16. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Рашкевич Н.В., Тараненко І.С. Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахисних залізобетонних будівельних конструкцій. *Комунальне господарство міст*. 2023. 3(177). С. 134–141. doi: 10.33042/2522-1809-2023-3-177-134-141
17. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Рудаков С.В., Томенко В.І., Юрченко С.П. Вогнестійкість вогнезахисних сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2023. 1(37). С. 282–292.
18. Данченко Ю.М., Качкар С.В., Рашкевич Н.В. Дослідження впливу чинників на вогнестійкість перегородок із сендвіч-панелей. *Комунальне господарство міст*. 2023. 1(175). С. 145–150. doi: 10.33042/2522-1809-2023-1-175-145-150
19. Kovalov A., Purdenko R., Otrosh Yu., Tomenko V., Rashkevich N., Shcholokov E., Pidhornyy M., Zolotova N., Suprun O. Assessment of fire resistance of fireproof reinforced concrete structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 5/1. (119). P. 53–61.

References

1. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Y., Udianskyi, M., Koloskov, V., Danilin, A., Kovalov, P. (2021). *Fire resistance of reinforced concrete and steel structures*. 180. DOI: 10.15587/978-617-7319-43-5
2. Gray, I. A. R. (2009). *A guide to transformer oil analysis*. Transformer Chemistry Service. *IAR Gray*.
3. Muller, S., Boiarciuc, M.P., Perigaud, G. (2009). *Protection of oil-filled transformer against explosion: Numerical simulations on a 200 MVA transformer*. Proc. IEEE Bucharest Power Tech Conference. 1–8.
4. El-Harbawi, M., Al-Mubaddel, F. (2020). Risk of fire and explosion in electrical substations due to the formation of flammable mixtures. *Scientific reports*. 10(1). 6295.
5. El-Harbawi, M. (2022). Fire and explosion risks and consequences in electrical substations - A transformer case study. *ASME Open Journal of Engineering*, 1. 014501.
6. Calitz, D., Hennig, E. G., Gray, S., Schweiger, E. (2020, October). Power transformers: Mitigate Environmental Impact and Fire Risk Reduction and be prepared for the Unexpected. In *2020 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)* (pp. 1–5). IEEE.
7. Berg, H. P., Fritze, N. (2010). Power plant transformer explosion and fire. *Journal of Polish Safety and Reliability Association*. 1(1).
8. Heinz-Peter, Berg, Nicole, Fritze (2015). Reliability and vulnerability of transformers for electricity transmission and distribution. *Journal of Polish Safety and Reliability Association Summer Safety and Reliability Seminars*. 6(3). 15–24.
9. Gajić, Z., Brnčić, I., Hillström, B., Ivanković, I. (2005). Sensitive turn-to-turn fault protection for power transformers in Joint Meetings of Cigré Study Committee B5 and IEEE Power System Relaying Committee, with the Study Committee B5 Colloquium.
10. Zozulya, D. V. (2013). *Razrabotka i nauchnoye obosnovaniye tekhnicheskikh predlozheniy po obespecheniyu nadezhnosti, energeticheskoy effektivnosti i prodleniyu resursotransformatorov TNS-1250000/330 na blokakh AES Ukrainy. Zbirnik: Problemy bez peki atomnykh elektrostantsiy i Chernobilya*. 20. 57–67. (in Russian)
11. Ng, A.K.L. (2007). *Risk assessment of transformer fire protection in a typical New Zealand high-rise building*. University of Canterbury. Civil Engineering. 189.

12. Raesian, L., Niazmand, H., Ebrahimnia-Bajestan, E., Werle, P. (2019). Thermal management of a distribution transformer: An optimization study of the cooling system using CFD and response surface methodology. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 104. 443–455.
13. Liang, P., Zhou, T., Chen, B., Wu, C., Liu, Y. (2021). *Experimental study on the effectiveness of water mist containing surfactant on extinguishing transformer oil fire*. In *2021 IEEE 5th Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)* (pp. 3698–3703). IEEE.
14. Mehta, S. (2022). Exploring the fire protection facility in power substation. *SAARJ Journal on Banking & Insurance Research (SJBIR)*. 11. 06. 97–104.
15. Klymas', R.V., Nizhnyk, V.V. (2021). *Doslidzhennya isnuyuchykh pidkhodiv do obmezhenya poshyrennya pozhezhi na transformatornykh pidstantsiyakh*. Nadzvychayni sytuatsiyi: bezpeka ta zakhyst: Materialy XI Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi z mizhnarodnoyu uchastyu. Cherkasy: CHIPB im. Heroyiv Chornobylya NUTSZ Ukrainy. 31–33. (in Ukrainian)
16. Otrosh Yu., Kovalov A., Rashkevich N., Taranenko I. (2023). Assessment of the fire resistance of buildings from fireproof reinforced concrete building structures. *Komunal'ne hospodarstvo mist*. 3(177). 134–141. doi: 10.33042/2522-1809-2023-3-177-134-141. (in Ukrainian)
17. Kovalov A., Otrosh Yu., Rashkevich N., Rudakov S., V. Tomenko, Yurchenko S. (2023). Assessment of fire resistance of fireproof steel structures to ensure fire safety of facilities. *Problems of Emergency Situations*. 1(37). 282–292. (in Ukrainian)
18. Danchenko, Y., Kachkar, Y., Rashkevich, N. (2023). Investigation of influence of factors on fire resistance of partitions made of sandwich panels. *Komunal'ne hospodarstvo mist*. 1(175). 145–150. doi: 10.33042/2522-1809-2023-1-175-145-150. (in Ukrainian)
19. Kovalov, A., Purdenko, R., Otrosh, Yu., Tomenko, V., Rashkevich, N., Shchokolov, E., Pidhornyy, M., Zolotova, N., Suprun, O. (2022). Assessment of fire resistance of fireproof reinforced concrete structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/1. (119). 53–61.

Надійшла до редакції 03.11.2024

Рецензент д-р. техн. наук, с.н.д. Юрій КЛЮЧКА

Рашкевич Ніна Владиславна – PhD, викладач, Національний університет цивільного захисту України, (вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023).

E-mail: nine291085@gmail.com

Отрош Юрій Анатолійович – доктор технічних наук, професор, начальник кафедри, Національний університет цивільного захисту України, (вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023).

E-mail: otrosh@nuczu.edu.ua

Ковальов Андрій Іванович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, (вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, Україна, 18034).

E-mail: kovalov_andrii@chipb.org.in

Плотников Іван Володимирович – директор, ТОВ «ТЕЛЕКОМ КОМПЛЕКС», (пр. Гагаріна, 94-а, м. Харків, Україна, 61140).

E-mail: plotn1983@gmail.com

Сурянінов Вячеслав Миколайович – асистент кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних конструкцій, Одеська державна академія будівництва і архітектури, (Дідріхсона, 4, м. Одеса, Україна, 650029).

E-mail: citykboss@odaba.edu.ua

INNOVATIVE APPROACHES TO DESIGNING FIRE BARRIERS FOR TRANSFORMER SUBSTATIONS

Purpose. To study project solutions aimed at improving a comprehensive approach to ensuring fire safety of transformer substations.

Methods. The authors used methods of analysis and synthesis, summarization of materials of scientific works, regulatory documentation, project and technical documentation, probability theory, decision-making theory.

Results. Design work is an important component of the process of designing and building transformer substations taking into account fire safety requirements. Design solutions for the enclosing fire protection structure must include the following sections: 1. Architectural and construction part. 2. Ventilation. 3. Power supply and electric lighting. 4. Fire alarm. 5. Automation. The complex of transformer substations, surrounded by fire barriers, taking into account the described project solutions, is transformed from a static construction into a dynamic electrified structure controlled by logical devices. The devices respond to the state of the object's technological parameters. The design and manufacture of fire barriers should consider analysis of potential threats and risks of fire, fire resistance of the material, design, compliance with safety standards and regulations. A comprehensive approach to ensuring fire safety of transformer substations has been improved. Solutions for the design of fire barriers take into account not only protection against the spread of fire, but also fire detection in the initial stages, as well as ensuring the safe course of technological processes of the facility.

Scientific novelty. The authors improved the design solutions for creating a fire barrier when fencing open transformer substations of the enterprise, which consists in the use of an integrated approach, which includes, in addition to construction solutions, the use of modern automation and measuring equipment. The project features ventilation openings, axial exhaust fans with electric fire valves, smoke sensors, temperature and optical flame sensors, lighting devices, relay logic control modules.

Practical significance. The proposed project solutions will help prevent the spread of fire in transformer

Наукове видання

Вісті Донецького гірничого інституту
Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю

№ 2 (55)' 2024

Відповідальний за випуск *Д.А. Ченіга*

Комп'ютерна верстка *А.В. Петренко*

Юридична адреса: 85300, Україна, Донецька область, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2, ДВНЗ «ДонНТУ», к.2.216. Тел.: (066) 052-95-77.

Фактична адреса: 82111, вул. Самбірська, 76, м. Дрогобич, Львівська обл., ДВНЗ «ДонНТУ», Тел.: (066) 052-95-77.

Формат 60×84¹/₈. Папір офісний.
Ум. друк. арк. 8,8. Обл. вид. арк. 8,2. Тираж 300 прим.

Видавець та виготовлювач:

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»
Юридична адреса: 85300, Україна, Донецька область, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2, 2-й
учбовий корпус, к.214

Фактична адреса: 43003, Україна, Волинська область, м. Луцьк, вул. Потебні, 56

Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої справи: ДК 4911 від 09.06.2015.