**УДК 621.311.61**

***О.В. Шаповаловк.т.н., І.П. Кравець к.т.н.,доцент, (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)***

**ВПЛИВ складу електроенергетичної системи на НАДІЙНість електропостачання систем протипожежного захисту**

В статті розглянуто проблему забезпечення надійної роботи електричних споживачів системи автоматичного протипожежного захисту та шляхи її вирішення.В процесі розгляду та оцінки надійності забезпечення електроживленням електроспоживачів автоматичних систем протипожежного захисту приймались до уваги раніше запропоновані способи підвищення надійності функціонування автоматичних систем протипожежного захисту шляхом резервування електроживлення від автономних джерел з використанням акумуляторних батарей та автономних інверторів напруги. Для порівняння з усіх відомих електроспоживачів систем протипожежного захисту взятонайбільш поширений та найбільшпотужний електричний споживач – асинхронний двигун. В статті проведено аналіз причин виникненнявідмов електропостачання, які можуть виникнути в процесі функціонування. Розглянуто показники надійності типових елементів мереж електроживлення від основного та резервних джерел електроживлення. Визначені показники та проведено порівняння параметрів надійності функціонування електроспоживачів систем автоматичного протипожежного захисту, які використовують різну кількість складових частин автономного джерела електроенергії та різнісхеми активного резервування електроживлення, які дозволяють впливати на якістьзформованої наруги для живленняелектроспоживачів систем протипожежного захисту. Це дозволяє зменшити втрати електроенергії у середині резервної системи в процесі формування напруги, що в свою чергу позитивно в пливає на максимальний час роботи систем протипожежного захисту з дотриманням нормативних параветрів її роботи, кількість використаних для формування необхідного запасу електроенергії – акумуляторних батарей, а відповідно і загальну вартість витрачену на її створення та подальше її експлуатування.Зроблено висновки, щодо доцільності використання способів резервування електроживлення з використанням стандартних схем від двотрансформаторної підстанції та схем активного резервування електроживлення з використанням акумуляторних батарей та інверторів напруги у автоматичних системах протипожежного захисту.

**Ключові слова:** надійність, ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов,електроживлення, системи протипожежного захисту.

***O.V. Shapovalov Candidate of Sciense (Engineering), I.P. Kravets Candidate of Sciense (Engineering), Docent, (Lviv State University of Life Safety)***

**INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM FOR RELIABILITY OF ELECTRICAL SUPPLY OF SYSTEMS OF FIRE FIGHTING PROTECTION**

The article deals with the problem of ensuring the reliable operation of electric consumers of the system of automatic fire protection and ways of its solution. In the process of reviewing and assessing the reliability of power supply of electric consumers of automatic fire protection systems, previously noted ways to increase the reliability of the operation of automatic fire protection systems by reserving power supply from autonomous sources with the use of accumulator batteries and autocompressor voltage inverters were taken into account. For comparison, from all known electricians of fire protection systems, the most common and most powerful electric consumer is used - an asynchronous motor. In Sleatta, an analysis of the causes of electrical supply failures that may occur during the operation is conducted. The indexes of reliability of typical elements of power supply networks from the main and standby power sources are considered. The indicators are determined and the reliability parameters of the electric consumers functioning of the automatic fire protection systems are compared, which use a different number of components of the autonomous power source and different schemes of active power supply redundancy, which can influence the quality of the generated noise for the power supply of the fire protection systems. It allows to reduce the electric power losses in the middle of the reserve system in the process of formation of the voltage, which in turn is positive for the maximum operating time of the fire protection systems with the observance of the normative parveets of its work, the amount used to form the required degree of electroenergy - rechargeable batteries, and accordingly and the total the cost spent on its creation and more than its exploitation. The conclusion is made regarding the expediency of using the methods of reserving the power supply using standard circuits from the two-transformer substation and the ahems of active backup of the power supply using the storage batteries and voltage inverters in automatic fire protection systems.

**Keywords:**reliability, probabilityof failure-free operation, failurerate, powersupply, fireprotectionsystem.

**Вступ.**Велика кількість надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, що виникають на території України, та не тільки, що спричиняють знеструмлення будинків, споруд, об’єктів і в цілому міст і цілих районів, потребує забезпечення систем протипожежного захисту джерелами електричної енергії, які є незалежними від електропостачання окремих районів чи міст та об’єктів.

Всі системах протипожежного захисту (СППЗ), в якості основного джерела живлення використовують електромережу загального користування (220/380В змінного струму). У такому незмінному вигляді електроенергія подається для живлення силових виконавчих елементів (асинхронні привідні двигуни водяних насосів, вентиляторів, тощо). Для керування роботою системам протипожежного захисту використовуються 12-24В постійного струму. Це вимагає використання в системах керування протипожежним захистом додаткових перетворювачів, які б формували напругу відповідної форми. З метою забезпечення систем керування резервним електроживленням, у відповідності до діючих нормативних документів [1], використовують акумуляторні батареї відповідної ємності.

Метою роботи є запропоноватиоптимальний спосібформування напруги живлення та регулювання її параметрів для резервного живлення електроспоживачів автоматичних систем протипожежного захисту, що живляться від автономного джерела живлення, яке складається з блоку акумуляторних батарей та автономних інверторів напруги.Така схема резервного живлення дає можливість одночасно здійснювати контроль та регулювання величини напруги,частоти та можливості визначення параметрів елементів автономного джерела.

Методи аналізу та способи забезпечення надійності електричних мереж, а також методи визначення характеристик надійності відновлюваних електромеханічних систем розглянуто в [2, 3, 4] .

**Актуальність теми.**Одночасні знеструмлення десятків і сотень населених пунктів, про щосвідчать звіти ДСНС України та інших оперативних служб, впливає на забезпечення протипожежного захисту об’єктів та безпеки людей [5]. Враховуючи непередбачуваність виникнення подій необхідно застосовувати способи забезпечення резервного електроживлення незалежного від електропостачання та кліматичних умов експлуатування систем протипожежного захисту.

**Виклад основного матеріалу.**До показників надійності відносяться показники її властивостей – безвідмовності, довговічності, ремонтопридатності і збереженості. Одним з основних показників безвідмовності є ймовірність безвідмовної роботиоб’єкта протягом заданого часу, тобто що час *Т* безвідмовної роботи системи чи елемента системи буде більшим від заданого часу [2, 3, 5].

.(1)

Ймовірність відмови - це ймовірність того,що час *Т* безвідмовної роботи елемента чи системи буде меншим від заданого часу

(2)

Для порівняння надійності декількох об’єктів в один і той самий час використовують коефіцієнт збільшення ймовірності безвідмовної роботи, або відповідно коефіцієнт зменшення ймовірності відмов[5, 6].

(3)

З точки зору надійності об’єкти (елементи)систем протипожежного захисту перебувають в логічному послідовному з’єднанні,оскільки відмова будь-якого елемента призводить до відмови системи загалом [5, 6].

Для систем протипожежного захистубудь-якого об’єктаймовірність безвідмовної роботи визначається за формулою

, (4)

де *n*– кількість елементів системи, – ймовірність безвідмовної роботи *і*-го елемента системи. При логічному послідовному з’єднані елементів з інтенсивністю відмов  інтенсивність відмов системи визначається за формулою [2, 3, 4]

. (5)

У випадку схеми логічного послідовного з’єднання елементів системи інтенсивність відмов мережі електроживлення АДдорівнює сумі інтенсивностей відмов мережі та інтенсивності відмов релейно-контакторної схеми керування [6].

*λ*ос*=λ*м+*λ*ск(6)

Для мережі основного живлення логічна схема з’єднань елементів має вигляд (рис.1). На схемі позначено: ЛЕП – лінії електропередач (λлеп=1,46·10-6), ПТ– знижувальний трансформатор (λпт=0,035·10-6), КП – комутаційні пристрої (роз’єднювачі) (λкп=0,03·10-6), Кб – кабельна лінія (λКб=7,5·10-6) [2, 3,6].



***Рисунок 1***– *Логічна схема електроживлення*

Інтенсивність відмови мережі становитимеλм =9,025·10-6 год-1[6].

Надійність мережі не враховує надійність генеруючих станцій. Генеруючі станції вважаються абсолютно надійними [2, 3, 6].

Підставивши отримані значення інтенсивностей відмов мережі (*λ*м)та релейно-контакторної системи керування АД (*λ*ск) у (6) отримаємо значення інтенсивності відмов електроживлення системи внутрішнього протипожежного водопостачання *λос*=10,753 10-6 год-1.

З метою визначення оптимальної схеми резервування електроживленнясистем протипожежного захисту, порівняємо раніше запропоновані схеми забезпечення електроживленням, яка передбачає логічне паралельне включення акумуляторних батарей з автономними інверторами напруги та підвищувальними трансформаторами [6].

У випадку резервування електроживлення систем протипожежного захисту від двотрансформаторної підстанції, має послідовно-паралельну систему (рис.2)



а б

***Рисунок 2***– *Схема резервування електроживлення: а – заступний вид резервування;*

*б – логічна схема з’єднань*

У вказаному способі резервування основного джерела живлення (ОДЖ) на резервне (РДЖ) відбувається шляхом переключення з першого на друге за перемикача П (АВР).

При резервуванні від двотрансформаторної підстанції ми отримаємо дві абсолютно однакові мережі з однаковими параметрами. Тому за умови, що з двох (n) однакових елементів один є резервним (*m*), об’єкт втрачає працездатність при відмові усіх двох*k=m*, ймовірність безвідмовної роботи (функція надійності) буде записуватись [3]

де *Сk=n/(k(n-k)* – кількість комбінацій елементів, *Q(t)–* ймовірність відмови визначається як

*Q(t)=1-exp-(λt)*, (8)

*P(t) ) –* функція надійності одного елемента визначається, як

*P(t)=exp(-λt).* (9)

Підставивши значення інтенсивності відмов *λос*[5] отримаємо

*Qж (t)=(1-exp(-10.752·10-6t), Pж(t)=1- Qж(t)=1-(1-exp(-10.753·10-6t)*

Тому функція надійності мережі живлення електроспоживача системи протипожежного захисту з резервуванням від двотрансформаторної підстанції буде визначатись як добуток функції надійності резервованої мережі Pж(t) та перемикача Pп(t) [5] і мати вигляд

*P1(t)= Pж(t) · Pп(t)=(1- Qж(t)=1-(1-exp(-10.753·10-6t)) ·(exp(-0.07·10-6t)*

При умові, що електроживлення системи протипожежного захисту буде резервуватись від незалежного автономного джерела з акумуляторними батареями та інверторами напруги, об’єкт буде мати складну послідовно-паралельну структуру. Логічні схеми з’єднань елементів автономного резервного живлення з двома інверторами напруги *(К2АІН-АД)* та з чотирма інверторами напруги (*2К2АІН-АД)* [6] показано відповідно на рис.3 і рис.4



***Рисунок 3***– *Логічна схема з’єднань К2АІН-АД*



***Рисунок 4***– *Логічна схема з’єднань 2К2АІН-АД*

Враховуючи той факт, що при відмові будь якого елемента резервного джерела живлення воно не буде формувати напругу з необхідними параметрами, тому можна вважати, що у такому випадку резервне джерело не буде виконувати свої функції, тому з’єднання елементів резервного джерела електроживлення систем протипожежного захисту, можна розглядати як послідовне.

Враховуючи вищевказане, функція надійності джерела електроживлення системи протипожежного захисту з резервуванням від блоку акумуляторних батарей (ББ) та двох інверторів напруги (АІН (*К2АІН-АД))*P2(t)буде визначатись як добуток функцій надійності перемикача Pп(t), основного джерела Pж(t) та резервного джерела електроживлення Pр1(t) і мати вигляд

P2(t)= Pж(t) · Pр1(t) · Pп(t) (10)

Провівши аналогічні розрахунки і підставивши значення у (8), (9), (10) отримаємо значення функції надійності джерела P2(t) [2, 3, 6]

P2(t)=(1-(1-ехр(-11.449·10-6t))2) ·(exp·(-0.07·10-6t))

За аналогічною послідовністю проводимо розрахунки для визначення функції надійності P2(t) для мережі живлення з резервуванням від акумуляторних батарей (ББ) та чотирьох інверторів напруги (АІН *(2К2АІН-АД))*

Залежності ймовірностей безвідмовної роботи електроживлення системи і резервованої системи Р2(t), Р3(t)наведені на рис. 5.



***Рисунок 6***– *Залежність ймовірності безвідмовної роботи систем електроживлення: Р1- основної (Рос), Р2- резервованої системи з К2АІН-АД, Р3 - резервованої системи з2К2АІН-АД*

Підставившиотримані значення часу в формулу (3), визначаємо коефіцієнти збільшенняймовірностей безвідмовної роботирезервованими системи Sp=1,14з К2АІН-АДі Sp=1,13 з2К2АІН-АД.

**Висновки.** Ймовірнісний метод розрахунку функціонування резервованої системи живлення внутрішнього протипожежного водопроводу з використанням генераторнихустановок та акумуляторними батареями з автономними інверторами напруги, враховуючи випадковий характер відключення ліній електропередач довів, що запропонована схема резервування, як з К2АІН-АД, так і з 2К2АІН-АД збільшує надійність функціонування систем при пожежного захисту. Збільшення кількості однотипних елементів призвело до покращення якісних характеристик джерела живлення, але негативно вплинуло на показники надійності, хоча і незначно у порівнянні з резервуванням від двотрансформаторної підстанції.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1.Гук Ю. Б.Основынадежностиэнергоэлектрических установок / Ю. Б. Гук. – Л.: Высш. шк., 1976. – 236с.

2. Дружинин Г. В. Надежностьавтоматизированныхсистем.- 3-е изд / Г. В. Дружигин. – М.:Энергия, 1977. – 536с.

3. Журахівський А.В.Надійність електричних систем і мереж: навч. посібник / А.В. Журахівський, Б.М. Кінаш, О.Р. Пастух. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с.

4. Щербовських С. В. Математичні моделі та методи для визначення характеристик надійності відновлюваних багатотермінальних систем із урахуванням перерозподілу навантаження / С. В. Щербовських. –Лвів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. -296с.

5. Боднар Г. Й., Шаповалов О. В. Розробка автономного джерела живлення для протипожежних систем внутрішнього водопостачання / Збірник наукових праць «Пожежна безпека», №20.- 2012. С.180-186.

6. Шаповалов О.В., Кравець І.П., Кушнір А.П. Оптимізація електричних параметрів автономного джерела електроживлення внутрішнього протипожежного водопостачання з акумуляторними батареями / Збірник наукових праць «Пожежна безпека», №30.- 2017. С.180-186.

**References**

1. HukY.B. Fundamentalsofreliabilityofenergyelectricalinstallations / Y.B. Huk. - Lviv, 1976. – 236s. (inRus)
2. Druzhinin GV The reliability of automated sistem.- 3rd ed / G.V.Druzhigin. - M.: Energy, 1977. - 536s. (inUkr.)
3. Zhurahovsky A.V. Reliability of electrical systems and networks: Training aid. / A.V. Zhurahovsky, B.M. Kinash, O.R. Pastuh. – Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2012. – 280 p.
4. Shcherbovskykh S.V. Mathematical models and methods for determining the reliability characteristics of renewable bahatoterminalnyh taking into account the drains / S.V.Scherbovskyh. - Lviv, Lviv Polytechnic National University Publishing House, 2012. -296s. (inUkr.)
5. Bodnar G. Development of independent power supply for fire protection of internal water supply. Fire safety. Lviv State University of Life Safety – 20, 2012. (inUkr.)
6. Shapovalov O.V. Optimization of electrical parameters of autonomous source of power supply of internal fire water supply with rechargeable batteries. Fire safety. Lviv State University of Life Safety – 30, 2017. (inUkr.)

МиШаповалов Олег Валерійович, Кравець Ігор Петрович, "Вплив складу електроенергетичної системи на надійність електропостачання систем протипожежного захисту",засвідчуємо, що вона чесно презентує самостійно проведене дослідження і не містить плагіату.

Автори гарантують, що ними одержано всі необхідні дозволи на використання у статті матеріалів, що охороняються авторським правом.

Автори гарантують, що стаття підготовлена спеціально для наукового фахового журналу "Пожежна безпека", ніде раніше не публікувалася і не подана до інших видань.

О.В.Шаповалов

І.П.Кравець