

**MINISTRY OF DEFENSE OF UKRAINE
ODESA MILITARY ACADEMY**



**ELECTRICAL AND POWER
ENGINEERING AND
ELECTROMECHANICS
(EPEE 2024)**

**IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
PROCEEDINGS**

MAY 15, 2024



**MINISTRY OF DEFENSE OF UKRAINE
ODESA MILITARY ACADEMY**

**ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING AND
ELECTROMECHANICS (EPEE 2024)**

Proceedings of IV International Scientific Conference

May 15, 2024

**Odesa, Ukraine
2024**

ORGANIZING COMMITTEE

Denis LISOVENKO, Odessa Military Academy, Ukraine (Chair)
Oleg MASLIY, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
Roland HEVORGYAN, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
Andrew BUKAROS, Odessa Military Academy, Ukraine (Co-Chair)
Herman TRUSHKOV, Odessa Military Academy, Ukraine (Secretary)
Oleksii SERGIEIEV, Odessa Military Academy, Ukraine
Volodymyr SERGEIEV, Odessa Military Academy, Ukraine
Tetiana OBNAVKO, Odessa Military Academy, Ukraine

PROGRAM COMMITTEE

Andrew BUKAROS, Odessa Military Academy, Ukraine (Chair)
Oleg ONISHCHENKO, National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine (Co-Chair)
Irina HVOZDEVA, National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine (Co-Chair)
Boukhalfa BENDAHMANE, University Abderrahmane Mira of Béjaïa, Algeria

Electrical and Power Engineering and Electromechanics (EPEE 2024). Odesa, Ukraine, May 15, 2024: proceedings. Odesa Military Academy, 2024. 59 p.

DOI 10.6084/m9.figshare.25858477

Copies may be made only from legally acquired originals. A single copy of one article per issue may be downloaded for personal use (non-commercial research or private study).

Downloading or printing multiple copies is not permitted. Electronic Storage or Usage Permission of the Publisher is required to store or use electronically any material contained in this work, including any chapter or part of a chapter. Permission of the Publisher is required for all other derivative works, including compilations and translations. Except as outlined above, no part of this work may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior written permission of the Publisher.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

аспірант Ткачук А.Ф., к.т.н., доц. Мошнорів М.М.
Вінницький національний технічний університет

Діагностика розподілених систем водопостачання залежить від багатьох факторів, які можуть бути як детермінованими, так і випадковими [1]. На даний час це є складним завданням через різноманітність процесів, що впливають на параметри робочого стану водопровідної мережі. Для точної діагностики стану розподілених систем водопостачання необхідно враховувати не лише типові аварійні ситуації, але й аномальні умови споживання води (наприклад, святкові дні, перерви у роботі тощо) та особливості роботи систем управління тиском. Це призвело до того, що розробка комплексу методів і математичних моделей для ефективної діагностики технічного стану електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання є актуальним завданням [2].

У цій роботі наводиться опис математичної моделі системи діагностування технічного стану такого електротехнічного комплексу, як розподілена система водопостачання.

При водопостачанні застосовуються послідовні і паралельні з'єднання елементів електротехнічних комплексів, діагностування технічного стану яких можливо описати за допомогою регулярних Марківських процесів з кінцевими станами і безперервним часом. Визначимо Марківський процес наступним чином. Нехай система в момент часу t може перебувати тільки в одному з кінцевого безлічі станів [3]:

$$A(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (1)$$

Розглянемо опис функціонування системи водопостачання, що має різні з'єднання елементів. Розглянемо одиночний елемент і перехід його зі справного стану в стан відмови і навпаки. Згідно експоненціального закону розподілу часу безвідмовної роботи і часу відновлення функціонування елементу електротехнічного комплексу характеризується параметром потоку відмов λ і параметром потоку відновлень μ . Розмічений граф станів показаний на рис. 1.

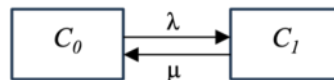


Рисунок 1. Розмічений граф станів одиночного елементу електротехнічного комплексу системи водопостачання

Під впливом потоку відмов інтенсивністю λ , елемент переходить з справного стану C_0 в стан відмови C_1 , а під дією потоку відновлень μ повертається із стану з 1 в стан з 0. Система диференціальних рівнянь для ймовірностей станів системи водопостачання має вигляд:

$$\frac{dP(E)}{dt} = -\lambda P(E) + \mu \bar{P}(E) \quad (2)$$

$$\frac{d\bar{P}(E)}{dt} = \lambda P(E) + \mu \bar{P}(E) \quad (3)$$

де $P(E)$ - ймовірність справного стану системи водопостачання;

$\bar{P}(E)$ - ймовірність вимушеного простою системи водопостачання.

Ймовірність аварійного простою системи, складеної з n послідовно з'єднаних елементів, визначаємо по теоремі множення незалежних подій-ймовірностей справного стану:

$$\bar{P}_0(E) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(E) \quad (4)$$

або з достатньою для практичних розрахунків точністю при малих значеннях $\bar{P}_i(E)$:

$$\bar{P}_0(E) \approx \sum_{i=1}^n \bar{P}_i(E) \quad (5)$$

Формула (5) прийнятна при визначенні загальної ймовірності аварійного простою споживачів, приєднаних до ліній електропередач з одностороннім живленням, і може бути використана або при аналізі схем водопостачання за абсолютною величиною показника надійності, або для визначення величини математичного очікування збитку.

Паралельне з'єднання елементів при водопостачанні споживачів застосовується для наступних цілей.

1. Полегшений резерв.
2. Ненавантажений резерв (резервний елемент відключений).
3. Резервування m елементами n , що знаходяться в роботі.
4. Забезпечення необхідних за технічними умовам параметрів мережі.

При полегшеному резервуванні введення резервного елемента при відмові системи водопостачання здійснюється в наступній послідовності: відключається відмовив елемент, включається резервний. Підмножині А (працездатний стан системи) відповідають наступні положення системи водопостачання:

1. a_0 - обидва елементи справні, один включений в роботу, інший знаходиться в резерві;
2. a_1 - один елемент відмовив при роботі, другий включений в роботу з резерву;

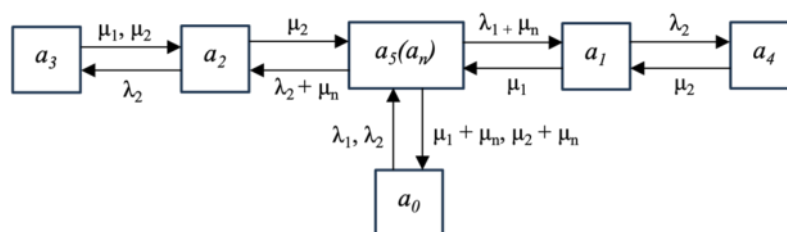


Рисунок 2. Приклад полегшеного резервування. Граф переходів системи з одним робочим і одним резервним елементами

3. a_2 - відмовив резервний елемент, а інший справний і включений в роботу;

4. a_3 - обидва елементи відновлюються, причому один відмовив, будучи включеним в роботу, а другий-перебуваючи в резерві;

5. a_4 - обидва елементи відновлюються після відмов у роботі;

6. a_5 - проводиться перехід з робочого елемента на резервний елемент, і навпаки.

Отже, стани a_0 , a_1 , a_2 відповідають робочому стану системи, а a_3 , a_4 , a_5 станом відмови.

Наведена вище модель дозволяє визначити загальну ймовірність вимушеного простою або інший показник надійності практично для будь-якої схеми водопостачання і на цій основі оцінити її надійність або за абсолютною величиною показника, або за допомогою економічного вираження надійності у вигляді, наприклад, математичного очікування збитку.

1. Бур'ян, С.О. Підвищення енергоефективності електромеханічної системи автоматичного керування послідовно з'єднаними насосами водопостачання. Наукові праці ДНТУ. Серія 134 «Електротехніка і енергетика». Донецьк : ДНТУ, 2013. №1(14)'2013. С. 47-52.

2. Motiee, H., Ghasemnejad, S. Prediction of Pipe Failure Rate in Tehran Water Distribution Networks by Applying Regression Models. Water Supply 2019, 19, 695–702.

3. Доморошин, С. В., Сахно, О. А. Нечітке моделювання ймовірності відмови апаратів захисту від перенапруг. Електротехніка та електроенергетика. 2018. № 3. С. 39-51.