

## СПОСІБ АНАЛІТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ФОРСОВАНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТИРИСТОРНИХ МОДУЛІВ ПРИСТРОЮ РПН

Л. Б. Жорняк, О. І. Афанасьєв, О. П. Левченко, В. В. Бахметьєв  
Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

У сучасних високовольтних системах електропостачання як загального, так і спеціального призначення найбільш широко використовуються засоби регулювання напруги живлення електричних споживачів за допомогою пристроїв перемикання відгалужень під навантаженням (РПН) [1, 2]. За допомогою такого пристрою перемикаються відгалуження високовольтної обмотки силового трансформатора для забезпечення необхідного рівня напруги живлення віддалених електричних споживачів.

Метою даної роботи є розробка способу оцінки показників експлуатаційної надійності РПН в умовах максимального рівня достовірності результатів, також визначення вихідних даних, необхідних для розрахунку основних показників експлуатаційної надійності силового блоку тиристорного модуля (ТМ), який є складовою пристрою РПН [1, 2, 3].

В умовах аналітичного визначення показників експлуатаційної надійності важливою складовою є проведення комплексу досліджень для визначення параметрів теоретичного закону розподілу відмов силових тиристорів, що входять у комплектацію ТМ. Максимальний рівень достовірності цих даних може бути досягнутий шляхом проведення визначальних випробувань в умовах, максимально наближених до реальних умов експлуатації пристрою РПН.

Необхідність проведення таких випробувань зумовлена тим, що в режимі циклічного навантаження (чергування імпульсів навантаження та пауз), що характерно для тиристорних РПН, використання вихідних даних, що використовуються для оцінки надійності силових тиристорів перетворювальних блоків, що працюють у відносно статичному навантаженні, може спричинити зниження достовірності отриманих результатів [3].

Види прискорених випробувань, залежно від тяжкості режиму навантаження, поділяються на дві категорії. Перша – це випробування в номінальному режимі, результати яких прогнозують подальший розвиток випадкового процесу відмов тиристорів за обмежений проміжок часу. Друга категорія – це випробування в режимі форсованого навантаження, що дозволяє значно скоротити тривалість їх проведення за рахунок прискорення швидкості процесів старіння та зносу.

Якщо за оцінку результатів випробувань прийняти ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ , то згідно з основним законом теорії надійності, який стверджує, що надійність тиристорів за умов ( $\varepsilon$ ) залежить від значення ресурсу, що використовувався в минулому, і не залежить від того, як цей ресурс був вироблений, можна записати таку умову:

$$P(t_c \cdot \varepsilon_c) = P(t_\phi \cdot \varepsilon_\phi), \quad (1)$$

де:  $t_c$ ,  $\varepsilon_c$  – відповідно експлуатаційний та форсований (випробування) режими роботи;  $t_\phi$ ,  $\varepsilon_\phi$  – відповідно

тривалість випробувань в експлуатаційному та форсованому режимах.

На основі такої умови було розроблено метод форсованих випробувань, який називається методом рівних ймовірностей. У цьому випадку група тиристорів випробовується в форсованому режимі  $\varepsilon_\phi$  протягом часу  $t_c > t_\phi$ , а потім оцінюється значення  $t_c$ .

Наступним важливим етапом визначення інтенсивності відмов тиристорів є перерахунок даних випробувань у форсованому режимі на номінальний режим роботи. Запропонований метод базується на умові подібності форсованого та робочого режимів роботи тиристорів.

Подібність форсованого та робочого режимів забезпечує відповідність форми законів розподілу відмов у цих режимах. Це означає, що функції законів розподілу в робочому та форсованому режимах повинні мати однакову форму і відрізнятися лише масштабом. Зміна масштабу закону розподілу може бути забезпечена зміною струму навантаження відносно номінального значення на основі умови, що допустимій максимально температура нагрівання структури тиристора у форсованому режимі буде дорівнювати допустимій ( $\Theta_\phi = \Theta_{\text{доп}}$ ).

Запропонований спосіб аналітичного визначення параметрів режиму форсованих випробувань, за умови максимальної відповідності процесів старіння тиристорів реальним умовам експлуатації, дозволяє значно зменшити обсяг попередніх досліджень при отриманні максимального скорочення часу випробувань, що підвищує ефективність та надійність формування вихідних даних при оцінці основних показників експлуатаційної надійності як гібридних пристроїв РПН, так і аналогічного високовольтного електрообладнання.

## Список літератури

- [1] Афанасьєв, О.І. Електроапаратне обладнання систем електропостачання енергоємних виробництв / О.І. Афанасьєв, Л.Б. Жорняк, О.В. Немикіна, В.М. Щусь, під заг. ред. П.Д. Андрієнко. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 432 с.
- [2] Левицький, С. М. Система автоматичного керування трансформатором з інтелектуальним регулятором напруги : монографія С. М. Левицький, К. І. Колмачов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 72 с. ISBN 978-966-641-630-1.
- [3] Оцінка надійності тиристорного модулю високовольтних гібридних комутаційних апаратів в умовах резервування / Л. Б. Жорняк, О. І. Афанасьєв, В. М. Щусь, О. П. Левченко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2024. – № 2 (12). – С.11-17. DOI: 10.20998/2079-3944.2024.2.03.