

УДК 621.316.542

В.В. Грабко

Вінницький державний технічний університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОВІТРЯНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ У ЗАДАЧІ ЇХ ДІАГНОСТУВАННЯ

© Грабко В.В., 2002

У роботі запропонована математична модель для визначення залишкового робочого ресурсу повітряних високовольтних вимикачів.

The work presents the mathematical model to determine the residual life work of the air high voltage switches.

Запропонована* математична модель для діагностування високовольтного вимикача. Ця модель передбачує використання одного діагностичного параметра, за яким здійснюється визначення залишкового робочого ресурсу високовольтного вимикача – струму, що протікає через вимикач в момент комутації.

Але ця математична модель непридатна для діагностування повітряного високовольтного вимикача (ПВВ), оскільки в такому вимикачі залишковий комутаційний ресурс залежить від двох параметрів – струму в момент комутації та тиску стисненого повітря, за допомогою якого здійснюється гасіння електричної дуги.

Для технічної реалізації системи технічної діагностики ПВВ необхідно отримати вагові коефіцієнти, якими враховується процес вичерпання комутаційного ресурсу ПВВ в зручній формі.

Знайдемо ці вагові коефіцієнти.

Знаючи ресурсну характеристику ПВВ, яка є залежністю значення кількості комутацій n від значення струму в момент комутації I та тиску стисненого повітря P ($n = f(I, P)$), можна отримати ресурсні коефіцієнти r_{ij} , які показують як спрацьовується за одну комутацію комутаційний ресурс ПВВ при i -х значеннях струму комутації та j -х значеннях тиску стисненого повітря за формулою

$$r_{ij} = \frac{1}{n_{ij}}, \quad (1)$$

де n_{ij} – значення кількості комутацій струму I_i при тиску P_j , яке відповідає повному спрацюванню комутаційного ресурсу ПВВ.

Очевидно, що

$$r_n = \frac{1}{n_n} \quad (2)$$

ресурс ПВВ, що спрацьовується під час однієї комутації номінального робочого струму ПВВ I_n , де n_n – значення кількості комутацій струму I_n , яке відповідає повному спрацюванню комутаційного ресурсу ПВВ. Значення тиску стисненого повітря в цьому випадку до уваги не береться, оскільки воно мало впливає на комутацію таких струмів.

* Мокін Б.І., Грабко В.В. *Моделі та системи технічної діагностики високовольтних вимикачів: Монографія.* – Вінниця, 1999. – 74 с.

Знайдемо відношення

$$k_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_n}, \quad (3)$$

яке характеризує як витрачається комутаційний ресурс ПВВ за одну комутацію струму I_n , коли тиск стисненого повітря P_j , по відношенню до витрачання ресурсу за одну комутацію струму I_n . Це відношення і є ваговим коефіцієнтом k_{ij} , який кількісно віддзеркалює ступінь спрацювання ресурсу ПВВ за одну комутацію при різних значеннях тиску в перерахунку на кількість комутацій номінального робочого струму ПВВ.

Очевидно, що добуток $k_{ij} \cdot m_{ij}$, де m_{ij} – кількість комутацій i -го значення струму комутації при j -му значенні тиску стисненого повітря, показує як спрацьовується комутаційний ресурс ПВВ при певних значеннях параметрів I і P .

Якщо взяти за мінімальну “порцію” спрацювання робочого ресурсу ПВВ одну комутацію струму I_n , то залишковий ресурс ПВВ можна обчислити за формулою

$$R = n_n - \sum_{j=1}^{X_1} \sum_{i=1}^{X_2} k_{ij} m_{ij} - \sum_{q=1}^{X_3} m_q, \quad (4)$$

де X_1 і X_2 – загальна попередньо невідома кількість комутацій, яку може здійснити ПВВ до повного спрацювання робочого ресурсу при певних значеннях тиску стисненого повітря і струмах комутації відповідно; X_3 – загальна попередньо невідома кількість комутацій m_q , яку здійснює ПВВ при струмах комутації, що не перевищують I_n . Очевидно, що загальна кількість комутацій X_1 , X_2 і X_3 не може перевищувати значення, що відповідає повному робочому ресурсу ПВВ, який кількісно заданий числом n_n .

Слід зазначити, що таку “прив’язку” можна здійснити для будь-якого значення кількості комутацій i , відповідно, струмів комутації.

Запропоновану формулу зручно застосувати при реалізації інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для діагностування ПВВ.

Покажемо це на конкретному прикладі.

У паспорті ПВВ ВВДМ – 330 – 50/3150 наведені такі параметри:

Таблиця 1

$I_{n \text{ ком}}$ (кА)	50	35.5	31.5
P (кгс/см ²)	40	26	20

Таблиця 2

Значення комутуваного струму	Кількість операцій n відключення і включення вимикача за умови, що значення тиску стисненого повітря P (кгс/см ²)		
	40	26	20
$I_{n \text{ ком}}$	10	12	14
$0.6 I_{n \text{ ком}}$	20	21	24
$0.3 I_{n \text{ ком}}$	25	30	34
I_n	350	350	350

Зазначимо, що $I_{n \text{ ком}}$ – номінальний струм комутації ПВВ, $I_n = 3.15$ кА – номінальний робочий струм ПВВ.

Нехай вказаним ПВВ упродовж певного періоду при тиску стисненого повітря 40 кгс/см² здійснено дві комутації струму 50 кА та 3 комутації струму 15 кА, а при тиску стисненого повітря 26 кгс/см² цим же вимикачем здійснено 4 комутації струму 21,3 кА та одна комутація струму 10,65 кА. Також на цьому ж проміжку часу було здійснено 10 комутацій номінального робочого струму ПВВ.

Необхідно визначити залишковий комутаційний ресурс цього ПВВ.

Попередньо зазначені дані представимо у вигляді табл. 3 відповідно до вибраних позначень.

Таблиця 3

	I ₁	I ₂
P ₁ = 40 кгс/см ²	I ₁ = 50 кА m ₁₁ = 2	I ₂ = 15 кА m ₁₂ = 3
P ₂ = 26 кгс/см ²	I ₁ = 21.3 кА m ₂₁ = 4	I ₂ = 10.65 кА m ₂₂ = 1

Спрацювання робочого ресурсу під час однієї комутації номінального робочого струму визначимо за формулою (2)

$$r_{\text{н}} = \frac{1}{350} = 0.002857.$$

Тепер знайдемо спрацювання робочого ресурсу ПВВ під час однієї комутації різних значень струмів за формулою (1). Результати розрахунків зведемо в табл. 4.

Таблиця 4

	I ₁	I ₂
P ₁ = 40 кгс/см ²	I ₁ = 50 кА r ₁₁ = 0.1	I ₂ = 15 кА r ₁₂ = 0.04
P ₂ = 26 кгс/см ²	I ₁ = 21.3 кА r ₂₁ = 0.0476	I ₂ = 10.65 кА r ₂₂ = 0.0333

За формулою (3) визначимо відповідні вагові коефіцієнти для вказаних струмів комутації. Результати розрахунків зведемо в табл. 5.

Таблиця 5

	I ₁	I ₂
P ₁ = 40 кгс/см ²	I ₁ = 50 кА k ₁₁ = 35	I ₂ = 15 кА k ₁₂ = 14
P ₂ = 26 кгс/см ²	I ₁ = 21.3 кА k ₂₁ = 16.67	I ₂ = 10.65 кА k ₂₂ = 11.67

Обчислимо залишковий робочий ресурс ПВВ за формулою (4). Очевидно, що X₁ = X₂ = 2, а X₃ = 10.

$$R = 350 - (35 \cdot 2 + 14 \cdot 3 + 16,67 \cdot 4 + 11,67 \cdot 1) - 10 = 159,65.$$

З розрахунків витікає, що діагностований ПВВ відпрацював вже більшу частину свого робочого ресурсу і ним ще можна здійснити понад 150 комутацій струму в перерахунку на номінальний робочий.

За відомими ресурсними характеристиками ПВВ можна визначати вагові коефіцієнти для будь-яких значень струмів комутації та тиску стисненого повітря.

У випадку, коли значення n_n відрізняються для різних значень тиску стисненого повітря, то необхідно привести їх до одного вибраного значення кількості комутацій номінального робочого струму.

Слід зазначити, що при реалізації ІВС пороги фіксації струмів комутації доцільно вибирати такими, щоб числа при визначенні залишкового робочого ресурсу ПВВ були цілими.

Висновки

1. Запропонована математична модель для визначення залишкового робочого ресурсу ПВВ за двома діагностичними параметрами – значенням струму комутації та тиском стисненого повітря в момент комутації.

2. Для практичного застосування запропонованої математичної моделі необхідно синтезувати ІВС для діагностування ПВВ.

УДК 621.311: 621.8

О.В. Данилюк, С.В. Дьяченко, А.Ю. Майоров*, О.М. Павлюк**
 Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра ЕМС
 *ВАТ “Львівобленерго”

**Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра АСУ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

© Данилюк О.В., Дьяченко С.В., Майоров А.Ю., Павлюк О.М., 2002

У статті запропоновано математичну модель та алгоритм розв’язання задачі оцінювання стану електричної мережі на основі множини даних, складовими якої є реальні телевиміри та дораховані псевдовиміри.

Mathematical model and algorithm of the decision of a task of state estimation of an electrical network on the basis of set of the data, where data's components are real telemeasurements and calculated pseudomeasurements, is offered in the article.

Формулювання задачі

Ефективність прийняття рішення під час оперативного диспетчерського керування режимами електроенергетичних систем (ЕЕС) залежить від швидкості та точності розв’язання задач, таких як аналіз та оптимізація режимів, оперативний контроль потужності та обліку електроенергії, дослідження стійкості, діагностика режимів, оцінка надійності, розрахунок струмів коротких замикань.

Успішне розв’язання будь-якої з цих задач повинно здійснюватися, враховуючи конкретний експлуатаційний режим електричної мережі. Саме для цього оцінюється стан ЕЕС [1, 2, 3] в масштабі реального часу. Тобто, вхідною інформацією для розв’язання задачі оцінювання стану є дані телевимірів, які надходять на концентратор інформації оперативних інформаційно-керуючих комплексів (ОІКК) ЕЕС. Тобто, інакше кажучи, оцінювання стану – це відтворення режиму за даними телеметрії, який існує в електричній мережі.