

В статті розв'язано задачу ідентифікації параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна у вузлі енергосистеми за режимними параметрами вузла. Запропонований метод враховує змінювання у часі складу двигунового навантаження у вузлі енергосистеми шляхом визначення інтервалів зміни параметрів заступної схеми еквівалентного двигуна в залежності від складу навантаження. Для вирішення поставленої задачі застосовано генетичний алгоритм

Ключові слова: асинхронний двигун, заступна схема, вузол навантаження, інтервальна оцінка, генетичний алгоритм

В статье решена задача идентификации параметров схемы замещения эквивалентного асинхронного двигателя в узле энергосистемы по режимным параметрам узла. Предложенный метод учитывает изменение во времени состава двигательной нагрузки в узле энергосистемы путем определения интервалов изменения параметров схемы замещения эквивалентного двигателя в зависимости от состава нагрузки. Для решения поставленной задачи применен генетический алгоритм

Ключевые слова: асинхронный двигатель, схема замещения, узел нагрузки, интервальная оценка, генетический алгоритм

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРВАЛЬНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЕКВІВАЛЕНТНОГО ДВИГУНОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

М. В. Костерев

Доктор технічних наук, професор
Кафедра електричних станцій
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: nicolkost@gmail.com

В. В. Літвінов

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра гідроенергетики
Запорізька державна інженерна академія
пр. Леніна, 226, м. Запоріжжя, Україна, 69006
E-mail: v.v.litvinov1985@mail.ru

1. Вступ

Електроенергетична система (ЕЕС) України та її підсистеми на сьогоднішній день працюють в дуже важких умовах. Причинами цього є повне спрацювання ресурсу значної частки обладнання, слабкі темпи заміни застарілого обладнання. Наслідком цих причин є зростання кількості відмов обладнання в ЕЕС та спричинених цими відмовами аварій. В результаті знижується надійність роботи ЕЕС України. Іншою причиною значного зниження надійності роботи ЕЕС України є залежність держави від первинних енергоносіїв, що в сучасних умовах, в будь-який момент часу може призвести до зниження генерації електроенергії в ЕЕС.

В цих умовах все більшу роль відіграє прогностична оцінка надійності ЕЕС та її окремих підсистем на інтервалі часу [1] та прийняття ефективних рішень щодо підвищення її надійності. При прийнятті рішень доцільно використовувати сучасні підходи ризик-менеджменту [2–4]. Показником надійності при цьому є технічний ризик, який враховує імовірність виникнення аварії та її наслідки. Для отримання достовірного результату під час прогностичного оцінювання ризику на інтервалі часу необхідно мати адекватні моделі об'єктів ЕЕС, які б враховували:

- стохастичність режимів ЕЕС, а також складу генеруючих потужностей та навантаження;
- технічний стан електрообладнання;
- змінювання характеристик та параметрів об'єктів з плином часу.

В задачах розрахунку динамічних режимів ЕЕС та її підсистем часто постає питання достовірного моделювання двигунового навантаження у вузлах схеми. Особливо важливою достовірність представлення навантаження в розрахункових моделях є при розрахунках динамічної стійкості ЕЕС та вузлів навантаження в задачах розрахунку режиму або при імовірісно-статистичному моделюванні ЕЕС на інтервалі часу з метою обрання найкращої стратегії управління нею на основі ризику.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Відомими рішеннями проблеми моделювання навантаження у вузлах ЕЕС є заміна реальних споживачів або статичними характеристиками навантаження [5], або еквівалентним двигуном [6]. В [6–8] запропоновано підходи до визначення параметрів еквівалентного асинхронного двигуна, але ці підходи є малоефективними в режимі “on-line” або при прогностичних розрахунках режимів, оскільки не враховують зміну

складу двигунового навантаження в залежності від режиму, а також поступове відхилення параметрів та характеристик двигунів від початкових заводських на протязі їхньої експлуатації внаслідок старіння.

Достовірність відображення процесів, що відбуваються в асинхронних двигунах, обмежена складністю отримання повної інформаційної моделі, оскільки для асинхронних двигунів, як правило, відомі тільки паспортні параметри, а при моделюванні перехідних режимів двигуна, зазвичай, використовуються параметри заступної схеми. В [9] розроблено ітераційний метод визначення параметрів асинхронного двигуна у тій формі, в якій вони використовуються при розв'язуванні основної задачі. Для цього використано метод найменших квадратів з подальшою лінеаризацією нелінійної моделі. Перевагою цього методу є висока точність розрахунку параметрів та доступність вихідної інформації. Недоліком цього методу є те, що він дає збіжність не для всіх типів двигунів, що робить його малоефективним при визначенні параметрів еквівалентного асинхронного двигуна, у випадку коли у вузлі представлені різнотипні двигуни.

В роботах [10, 11] запропоновано методики визначення параметрів заступних схем асинхронних двигунів за каталожними даними. Перевагами цих методик є їхня безітераційність і, як наслідок, можливість отримати результат для всіх двигунів, для яких відомі каталожні дані, в той же час ці методики не враховують зміну параметрів двигунів під час їхньої експлуатації і, в умовах недостатності каталожних даних, роблять припущення, які знижують точність отриманого результату.

В умовах недостатності каталожних даних більш достовірним підходом до ідентифікації параметрів заступної схеми двигуна є використання нечітких моделей [12]. Перевагою запропонованого методу є використання як каталожних так і режимних параметрів двигуна, що дозволяє врахувати змінення його характеристик з плином часу. Цей підхід є зручним для визначення параметрів окремо взятого двигуна, але питання оцінювання параметрів еквівалентного асинхронного двигуна в умовах стохастичної зміни складу двигунів у вузлі залишається нерозглянутим. Подібний недолік спостерігається і в роботах [13, 14] в яких невідомі параметри асинхронного двигуна ідентифікуються для процедур самоналаштування асинхронних приводів. Запропоновані методи є високоточними, але малоефективними при оцінюванні параметрів еквівалентного, а не окремого асинхронного двигуна.

Оскільки у потужних вузлах з двигуновим навантаженням склад двигунів постійно змінюється у часі в залежності від того які двигуни знаходяться в роботі, а які відключені від мережі, то параметри еквівалентного двигуна також будуть змінюватись, оскільки в кожний момент часу еквівалентується різний склад двигунів. В цих об'єктивно існуючих умовах доцільним є визначення інтервалів зміни параметрів еквівалентного двигуна з подальшою дискретизацією в залежності від режимних умов в розглядуваній момент часу.

3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є визначення інтервалів зміни параметрів заступної схеми еквівалентного асинхрон-

ного двигуна з урахуванням стохастичного характеру зміни складу двигунів у вузлі навантаження та зміни їхніх характеристик при старінні.

У відповідності до поставленої мети, у статті розв'язані такі завдання:

- розроблення методу інтервальної ідентифікації індуктивних параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна на основі режимних параметрів вузла навантаження;
- визначення підходу до детермінованої оцінки індуктивних параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна на отриманому інтервалі в будь-який момент часу.

4. Метод інтервальної ідентифікації параметрів еквівалентного асинхронного двигуна з використанням генетичного алгоритму

Розглянемо вузол навантаження ЕЕС про який відомо, що в ньому є тільки двигунове навантаження. При моделюванні режимів ЕЕС, навантаження такого вузла доцільно представити деяким еквівалентним асинхронним двигуном. Оскільки склад двигунів, що знаходиться в роботі, є різним для різних режимів роботи вузла навантаження, параметри заступної схеми такого еквівалентного двигуна також будуть змінюватись в певному інтервалі можливих значень. Для виконання такої інтервальної оцінки параметрів доцільно використати Г-подібну заступну схему асинхронного двигуна [12], яка містить мінімально можливу кількість елементів. Для визначення індуктивних параметрів Г-подібної заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна у вузлі навантаження ЕЕС з урахуванням зміни складу двигунів та зміни їхніх характеристик з плином часу необхідне використання доступної режимної інформації про цей вузол навантаження. Такою інформацією є:

- залежність напруги у вузлі навантаження від часу $U(t)$;
- залежність активної потужності, що споживається у вузлі навантаження, від часу $P(t)$;
- залежність реактивної потужності, що споживається у вузлі навантаження, від часу $Q(t)$.

Проміжок часу T , на якому визначені залежності $U(t)$, $P(t)$, $Q(t)$, розділяється на N інтервалів ($t_0=0$, $t_1=T/N$, $t_2=2T/N$,..., $t_N=T$) на границях яких визначаються значення напруги, активної та реактивної потужностей:

$$\begin{aligned} &\{U(t_0), P(t_0), Q(t_0)\}; \\ &\{U(t_1), P(t_1), Q(t_1)\}; \\ &\dots\dots\dots; \\ &\{U(t_N), P(t_N), Q(t_N)\}. \end{aligned} \tag{1}$$

Для визначення індуктивних опорів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна використовується вираз для реактивної потужності асинхронного двигуна при його представленні Г-подібною заступною схемою [6, 12]:

$$Q = \frac{U^2}{X_\mu} + \frac{P^2 \cdot X_\sigma}{U^2}, \tag{2}$$

де X_{μ} – індуктивний опір контуру намагнічування;
 X_{σ} – сумарний індуктивний опір ротора і статора асинхронного двигуна.

У вираз (2) вводяться коефіцієнти:

$$A_1 = \frac{1}{X_{\mu}}, \quad (3)$$

$$A_2 = X_{\sigma}, \quad (4)$$

та вхідні змінні:

$$Y_1 = U^2, \quad (5)$$

$$Y_2 = \frac{P^2}{U^2}. \quad (6)$$

З урахуванням (3)–(6) модель еквівалентного асинхронного двигуна (2) приймає вигляд:

$$Q = A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2, \quad (7)$$

де $A_1 = (a_1, c_1)$, $A_2 = (a_2, c_2)$ – інтервальна коефіцієнти;
 a_1 , a_2 - центр інтервалів; $2c_1$, $2c_2$ - ширина інтервалів.

Виходячи з позначень (3), (4) визначаються інтервали зміни параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна:

$$X_{\mu} \in \left[\frac{1}{a_1 + c_1}; \frac{1}{a_1 - c_1} \right], \quad (8)$$

$$X_{\sigma} \in [a_2 - c_2; a_2 + c_2]. \quad (9)$$

Сформульована задача інтервальної оцінки параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна (3)–(9) представляє собою задачу лінійного програмування [15–17]. Цільова функція задачі записується наступним чином:

$$F = c_1 \cdot \sum_{i=1}^N x_{1i} + c_2 \cdot \sum_{i=1}^N x_{2i} \rightarrow \min. \quad (10)$$

Її обмеження мають вигляд наступних нерівностей:

$$a_1 \cdot x_{1i} + a_2 \cdot x_{2i} + c_1 \cdot x_{1i} + c_2 \cdot x_{2i} \geq Q_i, \quad i = 1, \dots, N; \quad (11)$$

$$a_1 \cdot x_{1i} + a_2 \cdot x_{2i} - c_1 \cdot x_{1i} - c_2 \cdot x_{2i} \leq Q_i, \quad i = 1, \dots, N; \quad (12)$$

$$a_{1\max} \geq a_1 \geq a_{1\min}; \quad a_{2\max} \geq a_2 \geq a_{2\min}; \quad (13)$$

$$c_{1\max} \geq c_1 > c_{1\min}; \quad c_{2\max} \geq c_2 > c_{2\min}. \quad (14)$$

Інтервальна оцінка параметрів заступної схеми еквівалентного двигуна буде тим точнішою, чим більшою буде кількість інтервалів N . З виразів (11)–(14) видно, що кількість обмежень дорівнює $2N+8$. Таким чином, отримана оптимізаційна задача має складну структуру через велику кількість обмежень у вигляді нерівностей. Застосування стандартних методів типу гілок та границь або динамічного програмування є дуже ускладненим. В цих умовах, для розв'язання

отриманої задачі лінійного програмування (10)–(14) доцільно застосувати генетичний алгоритм [15].

Схема роботи генетичного алгоритму наступна. Оптимізаційна задача формалізується таким чином, щоб її рішення можна було представити у вигляді вектору генів, кожен з яких є певним числом. Випадковим чином формується множина генотипів початкової популяції. Вони оцінюються з використанням «функції пристосованості», в результаті чого з кожним генотипом асоціюється певне значення, яке визначає наскільки добре описуваний ним генотип вирішує поставлену задачу.

З отриманої множини рішень з урахуванням значення «пристосованості» обираються рішення до яких застосовуються генетичні оператори «схрещування» та «мутація», в результаті чого отримуються нові рішення. Для них також визначається пристосованість та проводиться відбір кращих рішень у наступне покоління, і т. д.

Таким чином, генетичний алгоритм інтервальної ідентифікації параметрів еквівалентного асинхронного двигуна складається з наступних етапів [16]:

- задається цільова функція (функція пристосованості) для особин популяції;
- за допомогою генератора випадкових чисел (ГВЧ) на можливих інтервалах рішення формується початкова популяція;
- починається цикл пошуку рішення:
- виконується процедура розмноження (схрещування);
- виконується процедура мутації;
- обчислюється значення цільової функції для всіх особин;
- формується нове покоління (селекція);
- якщо виконуються умови закінчення циклу – останнє покоління приймається в якості рішення, якщо ні – цикл виконується знову.

Після визначення розв'язку оптимізаційної задачі (10)–(14) за описаним вище генетичним алгоритмом постає питання отримання детермінованих параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна на визначених інтервалах в конкретний момент часу t_0 . Ця задача є зворотною до попередньої та записується наступним чином:

- цільова функція:

$$Q(t_0) = U^2(t_0) \cdot \frac{1}{X_{\mu}} + \frac{P^2(t_0)}{U^2(t_0)} \cdot X_{\sigma}, \quad (15)$$

- обмеження:

$$X_{\mu}^{\max} \geq X_{\mu} \geq X_{\mu}^{\min}; \quad (16)$$

$$X_{\sigma}^{\max} \geq X_{\sigma} \geq X_{\sigma}^{\min}. \quad (17)$$

Для рішення отриманої задачі також застосовано генетичний алгоритм.

5. Приклад інтервальної ідентифікації параметрів заступної схеми еквівалентного двигуна

У вузлі ЕЕС, який містить тільки двигунове навантаження, на протязі доби зафіксовано дані кон-

трольних вимірювань напруги, активної та реактивної потужності з інтервалом в 2 години (табл. 1).

Таблиця 1

Контрольний замір параметрів вузла навантаження

№ вимірювання	U, кВ	P, МВт	Q, МВАр
1	6,68	33	22
2	6,71	28	22
3	6,69	28	22
4	6,68	36	22
5	6,68	54	36
6	6,65	56	42
7	6,63	54	36
8	6,61	51	36
9	6,63	43	26
10	6,60	49	26
11	6,60	51	26
12	6,66	43	26
13	6,71	33	16

Ці значення представляють собою експериментальну вибірку для інтервального оцінювання параметрів Г-подібної заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна.

Параметри експериментальної вибірки приводяться до відносних одиниць. Номінальні параметри еквівалентного двигуна прийнято $S_H = 50$ МВА, $U_H = 6,3$ кВ. За виразом (5, 6) визначаються значення змінних X_1 та X_2 . Результати представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Приведені параметри експериментальної вибірки

№ вимірювання	U, в. о.	P, в. о.	Q, в. о.	$X_1=U^2$	$X_2=P^2/U^2$
1	1,060	0,66	0,44	1,123	0,388
2	1,065	0,56	0,44	1,134	0,277
3	1,062	0,56	0,44	1,129	0,278
4	1,060	0,72	0,44	1,123	0,462
5	1,060	1,08	0,72	1,123	1,039
6	1,055	1,12	0,84	1,112	1,128
7	1,052	1,08	0,72	1,107	1,054
8	1,049	1,02	0,72	1,101	0,945
9	1,052	0,86	0,52	1,107	0,668
10	1,047	0,98	0,52	1,096	0,877
11	1,047	1,02	0,52	1,096	0,950
12	1,057	0,86	0,52	1,118	0,662
13	1,065	0,66	0,32	1,134	0,384

Для розглядуваної експериментальної вибірки $N = 13$. Задача лінійного програмування (10)–(14) при цьому записується наступним чином:

– цільова функція:

$$F = 14,503 \cdot c_1 + 9,112 \cdot c_2 \rightarrow \min ; \tag{18}$$

– обмеження:

$$a_1 \cdot 1,123 + a_2 \cdot 0,388 + c_1 \cdot 1,123 + c_2 \cdot 0,388 \geq 0,44 ;$$

$$a_1 \cdot 1,123 + a_2 \cdot 0,388 - c_1 \cdot 1,123 - c_2 \cdot 0,388 \leq 0,44 ;$$

$$a_1 \cdot 1,134 + a_2 \cdot 0,277 + c_1 \cdot 1,134 + c_2 \cdot 0,277 \geq 0,44 ;$$

$$a_1 \cdot 1,134 + a_2 \cdot 0,277 - c_1 \cdot 1,134 - c_2 \cdot 0,277 \leq 0,44 ;$$

$$a_1 \cdot 1,129 + a_2 \cdot 0,278 + c_1 \cdot 1,129 + c_2 \cdot 0,278 \geq 0,44 ;$$

$$a_1 \cdot 1,129 + a_2 \cdot 0,278 - c_1 \cdot 1,129 - c_2 \cdot 0,278 \leq 0,44 ;$$

$$\dots$$

$$a_1 \cdot 1,134 + a_2 \cdot 0,384 + c_1 \cdot 1,134 + c_2 \cdot 0,384 \geq 0,32 ;$$

$$a_1 \cdot 1,134 + a_2 \cdot 0,384 - c_1 \cdot 1,134 - c_2 \cdot 0,384 \leq 0,32 ;$$

$$0,5 \geq a_1 \geq 0,2 ;$$

$$0,3 \geq a_2 \geq 0,1 ;$$

$$0,15 \geq c_1 \geq 0 ;$$

$$0,05 \geq c_2 \geq 0 . \tag{19}$$

Отриману задачу лінійного програмування вирішено в MATLAB за допомогою стандартного «солвера» Genetic Algorithm. Для цього за допомогою ГВЧ сформовано початкову популяцію можливих рішень на інтервалах, що визначаються останніми чотирма нерівностями у (19). Отримана за допомогою ГВЧ початкова популяція представлена в табл. 3.

Таблиця 3

Початкова популяція можливих рішень

№	a1	a2	c1	c2
1	0,390	0,267	0,033	0,047
2	0,342	0,138	0,110	0,044
3	0,450	0,199	0,091	0,017
4	0,315	0,285	0,084	0,044
5	0,257	0,127	0,063	0,002
6	0,366	0,225	0,122	0,039
7	0,213	0,15	0,044	0,028
8	0,450	0,221	0,081	0,032
9	0,421	0,12	0,008	0,006
10	0,318	0,129	0,027	0,001
11	0,350	0,202	0,108	0,011
12	0,354	0,234	0,066	0,05
13	0,397	0,134	0,090	0,004
14	0,458	0,146	0,132	0,002
15	0,325	0,236	0,068	0,017
16	0,235	0,194	0,148	0,019
17	0,312	0,127	0,112	0,007
18	0,492	0,128	0,082	0,049
19	0,357	0,126	0,074	0,041
20	0,374	0,25	0,136	0,048

У результаті рішення оптимізаційної задачі (мінімум цільової функції знайдено за 84 ітерації та дорівнює 1,7567), отримано:

$$a_1 = 0,281, a_2 = 0,294, c_1 = 0,101, c_2 = 0,032. \quad (20)$$

В цьому випадку, інтервальні значення параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна складуть:

$$\begin{aligned} X_\mu &\in \left[\frac{1}{a_1 + c_1}; \frac{1}{a_1 - c_1} \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow X_\mu &\in \left[\frac{1}{0,281 + 0,101}; \frac{1}{0,281 - 0,101} \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow X_\mu &\in [2,618; 5,556]; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} X_\sigma &\in [a_2 - c_2; a_2 + c_2] \Rightarrow \\ \Rightarrow X_\sigma &\in [0,294 - 0,032; 0,294 + 0,032] \Rightarrow \\ \Rightarrow X_\sigma &\in [0,262; 0,326]. \end{aligned} \quad (22)$$

Для прикладу, на отриманих інтервалах визначені детерміновані значення параметрів заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна в довільний момент часу. За результатами контрольного заміру в мережі, параметри вузла навантаження складають: $U(t_0) = 6,65$ кв, $P(t_0) = 54$ МВт, $Q(t_0) = 33$ МВАр. У відносних одиницях ці величини складають $U(t_0) = 1,056$ в.о., $P(t_0) = 1,08$ в.о., $Q(t_0) = 0,66$ в.о. При підстановці отриманих значень у вирази (15)–(17), задача набуває наступного вигляду:

$$0,66 = 1,056^2 \cdot \frac{1}{X_\mu} + \frac{1,08^2}{1,056^2} \cdot X_\sigma; \quad (23)$$

$$5,556 \geq X_\mu \geq 2,618; \quad (24)$$

$$0,326 \geq X_\sigma \geq 0,262. \quad (25)$$

Для рішення отриманої задачі також використано «солвер» Genetic Algorithm. При цьому введено заміни $a_1 = 1/X_\mu$, $a_2 = X_\sigma$, рівняння з двома невідомими представлено у вигляді цільової функції з обмеженням у вигляді нерівності. З урахуванням цього задача ідентифікації параметрів заступної схеми асинхронного двигуна приймає вигляд:

$$1,115 \cdot a_1 + 1,046 \cdot a_2 - 0,66 \rightarrow \min; \quad (26)$$

$$1,115 \cdot a_1 + 1,046 \cdot a_2 \geq 0,66; \quad (27)$$

$$0,382 \geq a_1 \geq 0,18; \quad (28)$$

$$0,326 \geq a_2 \geq 0,262. \quad (29)$$

У результаті рішення оптимізаційної задачі (мінімум цільової функції знайдено за 51 ітерацію та дорівнює 0), отримано:

$$a_1 = 0,312; a_2 = 0,297. \quad (30)$$

Згідно з виразами (3) та (4) визначено:

$$X_\mu = 1/a_1 = 1/0,312 = 3,205 \text{ в.о.}; \quad (31)$$

$$X_\sigma = a_2 = 0,297 \text{ в.о.} \quad (32)$$

Отримані параметри еквівалентного асинхронного двигуна дозволяють ідентифікувати його найпростішою Г-подібною моделлю.

6. Висновки

Запропонований метод інтервальної оцінки параметрів Г-подібної заступної схеми еквівалентного асинхронного двигуна у вузлі навантаження ЕЕС за режимними параметрами представляє собою оптимізаційну задачу з обмеженнями у формі нерівностей. Перевагою цього методу є використання доступної режимної інформації, яка дозволяє визначити фактичні інтервали зміни значень параметрів заступної схеми еквівалентного двигуна в залежності від складу двигунів, що еквівалентуються. Для визначення інтервалів зміни параметрів застосовано генетичний алгоритм, що дозволяє вирішити отриману задачу в умовах стохастичності режимних параметрів вузла навантаження та зміни складу двигунового навантаження у вузлі енергосистеми в процесі її функціонування. Розроблений метод доцільно використовувати в задачах ризикорієнтованого управління ЕЕС при розрахунках її режимів в режимі on-line або при прогностичних розрахунках.

Подальше удосконалення запропонованого методу полягає у його застосуванні до більш повних Т-подібних та двоконтурних заступних схем асинхронного двигуна, а також у його адаптації до визначення статистичних характеристик навантаження з використанням інтервальних коефіцієнтів.

Література

1. Літвінов, В. В. Оцінка ризику порушення стійкості двигунового навантаження при відмовах електрообладнання в підсистемі ЕЕС [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / В. В. Літвінов. – Електричні станції, мережі та системи. – К., 2012. – 20 с.
2. Ciapessoni, E. A probabilistic approach for operational risk assessment of power systems [Text] / E. Ciapessoni, D. Cirio, E. Gaglieoti // CIGRE. – 2008. – P. C4–114.
3. Balzer, G. Selection of an optimal maintenance and replacement strategy of HV equipment by a risk assessment process [Text] / G. Balzer, K. Bakic, H.-J. Haubrich // CIGRE. – 2006. – P. B3–103.
4. Handschin, E. Long term optimization for risk-oriented asset management [Text] / E. Handschin, I. Jurgens, C. Neumann // 16th Power Systems Computation Conference. – Glasgow, 2008.

5. Конохова, Е. А. Выбор мощности батарей конденсаторов в цеховых сетях промышленных предприятий с учетом режимов напряжения [Текст] / Е. А. Конохова // Электричество. – 1998. – № 1. – С. 18–25.
6. Гуревич, Ю. Е. Устойчивость нагрузки электрических систем [Текст] / Ю. Е. Гуревич, Л. Е. Либова, Э. А. Хачатрян. – М.: Энергоиздат, 1981. – 209 с.
7. Тужик, С. К. К эквивалентированию асинхронной нагрузки [Текст] / С. К. Тужик // Электромеханика. – 1968. – № 10. – С. 1105–1108.
8. Abdel-Hakim, M. M. Dynamic single-unit representation of induction motor groups [Text] / M. M. Abdel-Hakim, G.J. Berg // IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. – 1976. – Vol. 95, Issue 1. – P. 155–165. doi: 10.1109/t-pas.1976.32088
9. Костерев, Н. В. Оценивание параметров асинхронной машины [Текст] / Н. В. Костерев, П. Л. Денисюк. – Моделирование и расчет на ЦВМ режимов энергетических систем. – К.: Наукова думка, 1977. – С. 66–75.
10. Сивокобыленко, В. Ф. Переходные процессы в системах электроснабжения собственных нужд электростанций [Текст] / В. Ф. Сивокобыленко, В. К. Лебедев. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2002. – 136 с.
11. Мощинский, Ю. А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по каталожным данным [Текст] / Ю. А. Мощинский, В. Я. Беспалов, А. А. Киракин // Электричество. – 1998. – № 4. – С. 38–42.
12. Lehtla, T. Parameter identification of an induction motor using fuzzy logic controller [Text] / T. Lehtla // PEMC '96, Budapest. – 1996. – Part 3. – P. 292–296.
13. Bilski, P. Identification of induction machine parameters using support vector machines [Text] / P. Bilski. – XX IMEKO World Congress Metrology for Green Growth. – Busan, 2012.
14. Marku, M. Computer simulation of real time identification for induction motor drives [Text] / M. Marku, I. Utu, L. Pana, M. Orban // ICTAMI Proceedings of the International Conference on Theory and Applications of Mathematics and Informatics. – Thessaloniki, 2004. – P. 295–305.
15. Гладков, Л. А. Биоинспирированные методы в оптимизации [Текст] / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2009. – 384 с.
16. Balas, E. Finding large cliques in arbitrary graphs by bipartite matching. Cliques, coloring, and satisfiability [Text] / E. Balash, W. Niehaus // DIMACS Discrete Mathematical Theoretical Computer Science. – 1996. – Vol. 26. – P. 29–49.
17. Тэрано, Т. Прикладные нечеткие системы [Текст] / Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

Запропоновано правила знаходження колективного порядку в нечіткій задачі виборі, які враховують нечіткі оцінки виборців. Наведено евристики для попередньої обробки вхідних даних нечіткої задачі голосування, які дозволяють враховувати такі суб'єктивні характеристики виборців як нігілізм та надмірний оптимізм, а також виявляти виборців, які не мають чітких переваг на множині кандидатів

Ключові слова: нечітка задача голосування, евристика, колективний порядок, суб'єктивні характеристики виборців

Предложены правила нахождения коллективного порядка в нечеткой задаче выбора, учитывающие нечеткие оценки избирателей. Приведены эвристики для предварительной обработки входных данных нечеткой задачи голосования, которые позволяют учитывать такие субъективные характеристики избирателей как нигилизм и чрезмерный оптимизм, а также выявлять избирателей, не имеющих четких предпочтений на множестве кандидатов

Ключевые слова: нечеткая задача голосования, эвристика, коллективный порядок, субъективные характеристики избирателей

УДК 004.023:519.816

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.36699

МЕТОДИ ВРАХУВАННЯ СУБ'ЄКТИВНОГО ХАРАКТЕРУ ВХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ЗАДАЧІ ГОЛОСУВАННЯ

О. Ю. Мулеса

Кандидат технічних наук, доцент кафедри
Кафедра кібернетики і прикладної математики
Державний вищий навчальний заклад
"Ужгородський національний університет"
пл. Народна, 3, м. Ужгород, Україна, 88000
E-mail: mulesa.oksana@gmail.com

1. Вступ

Голосування – один із способів врахування колективної думки. Демократичний характер нашого су-

спільства передбачає прийняття особливо важливих рішень із застосуванням механізму голосування. Відомо багато класичних методів отримання колективної оцінки та їх модифікацій, які мають свої особливості