

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ СТРУМУ ВИТОКУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

*В. П. Герасименко, кандидат технічних наук, старший викладач*

*В. В. Василенко, доктор технічних наук, професор*

*Н. В. Майбородіна, кандидат фізико-математичних наук, доцент*

*ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут",*

*О. В. Ковальов, кандидат технічних наук, старший викладач*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

*E-mail: [syavagvp@gmail.com](mailto:syavagvp@gmail.com)*

**Анотація.** Одним із ефективних технічних способів контролю стану електродвигунів є засоби вимірювання і контролю величини струму витоку, яка характеризує стан ізоляції електродвигуна. Використання більш досконалих пристроїв, що мають можливість не тільки фіксувати, але і прогнозувати досягнення небезпечних значень струму витоку, дає можливість попереджати і завчасно інформувати про можливу небезпеку для обслуговуючого персоналу, зменшувати час на простою і дає змогу обслуговувати, ремонтувати чи замінювати електродвигуни в технологічну паузу, не чекаючи їхньої повної відмови. Нейронні мережі, що використовуються для прогнозування надійності електродвигунів, мають вигляд математичної моделі паралельних обчислень, яка складається з простих процесорних елементів, що взаємодіють між собою і мають назву штучні нейрони.

Мета дослідження - синтезувати нейронну мережу на основі вибраних технологічних параметрів і перевірити її технологічну прийнятність для прогнозування струму витоку електродвигуна.

Синтезована нейронна мережа за технологічними параметрами має бути основою для побудови системи прогнозування струму витоку електродвигуна за технологічними параметрами. Система прогнозування на основі нейронної мережі за технологічними параметрами включає також засоби вимірювання технологічних параметрів, параметрів функціонування електродвигуна та базу даних. Ключове рішення в такій системі приймає людина.

**Ключові слова:** *струм витоку, технологічні параметри, нейронна мережа*

**Актуальність.** Нині основним методом контролю стану ізоляції є метод вимірювання опору ізоляції за допомогою мегомметра. У даному методі вимірюється по черзі опір ізоляції кожної фази щодо землі і між кожною парою фаз

за відсутності напруги. Головний недолік цього методу полягає в періодичності контролю опору ізоляції, тому немає ніякої гарантії в тому, що при експлуатації електроустаткування між двома випробуваннями не відбудеться аварійних пошкоджень ізоляції. Також слід зазначити, що вимірювана мегомметром величина опору ізоляції не відповідає дійсному значенню при змінній напрузі 220/380 В. По-перше, оскільки вимірювання проводяться на постійній напрузі, то не враховується складова ємності опору ізоляції, повний опір кожної фази щодо землі має активну і ємнісну складові. По-друге, величини омичного опору ізоляції для постійного і змінного струму різні. По-третє, оскільки опір ізоляції нелінійно залежить від прикладеної напруги, то значення опору ізоляції при напрузі мегомметра 500 чи 1000 В і при фазній напрузі мережі відрізнятимуться. [1, 2].

Таким чином, з указаних причин контроль ізоляції мегомметром не відображає дійсного стану ізоляції. Це підтверджує необхідність здійснення безперервного контролю ізоляції шляхом застосування спеціальних пристроїв. Найчастіше застосовуються пристрої, що працюють на реєстрації величини струму витоку, і відключають електротехнічне обладнання при досягненні певної величини цього струму [1, 3, 4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Відомі наукові праці, в яких пропонується використання нейронних мереж для прогнозування стану електродвигуна [5, 6, 7].

Нейронні мережі, що використовуються для прогнозування надійності електродвигунів, мають вигляд математичної моделі паралельних обчислень, яка складається з простих процесорних елементів, що взаємодіють між собою і мають назву штучні нейрони. Вони є розпаралеленими системами, здатними до навчання шляхом аналізу позитивних та негативних дій. В основному активаційні функції всіх нейронів у нейронній мережі фіксовані, а ваги є параметрами нейронної мережі і можуть змінюватися. У порівнянні з класичними методами аналізу ці нейронні мережі мають певні переваги [8]:

1. Постійна оптимізація власної структури з метою мінімізації прогностичної помилки в режимі реального часу.

2. Більші можливості під час аналізу складних динамічних систем та закономірностей.

3. Здатність вдало вирішувати завдання, не зважаючи на неповну, викривлену або ж внутрішньо суперечливу вхідну інформацію.

**Мета дослідження** – синтезувати нейронну мережу на основі вибраних технологічних параметрів та перевірити її технологічну прийнятність для прогнозування струму витоку електродвигуна.

**Матеріали та методи дослідження.** Пасивний експеримент дослідження струмів витоку для електродвигунів потужністю 4 кВт в залежності від напруги живлення мережі, споживаного струму, температури, вологості та концентрації аміаку в системах електроживлення напругою 0,38 кВ проводився в корівниках із груповим, безприв'язним утриманням корів та молодняка протягом 30 діб. Норми параметрів мікроклімату для телятників: температура 4-12 °С, відносна вологість 40-85 %. Як значущі технологічні параметри, які на нашу думку найбільш суттєво впливають на величину струму витоку електродвигунів, на основі проведених досліджень прийнято:

- температуру у виробничому приміщенні;
- вологість у виробничому приміщенні;
- концентрацію аміаку у виробничому приміщенні;
- напругу живлення електродвигуна;
- споживаний струм електродвигуном.

Для збору інформації використовувався мікроконтролер МК-51Н, обладнаний датчиком температури, датчиком вологості, датчиком концентрації аміаку, та пристрій УБЗ-302, що був підключений до електродвигуна і знімав такі параметри: напруга живлення, струм споживання, струм витоку. Для подальших досліджень використані непараметричні підходи математичної статистики, а саме критерій Спірмена (позитивним для застосування непараметричної оцінки статистики є значна кількість спостережень – 4200 наборів даних). Отримана в пакеті прикладних математичних програм “Statistica” перехресна кореляція за Спірменом

параметрів електротехнічного комплексу для електродвигунів потужністю 4 кВт зображена на рис. 1.

STATISTICA - [Spearman\_3\_4.stw\* - Spearman Rank Order Correlations (Струм витоку Spearman.sta)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Arial 10 B I U

Spearman Rank Order Correlations (Струм витоку Spearman.sta)  
MD pairwise deleted  
Marked correlations are significant at  $p < .05000$

Variable	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6
Var1	1,000000	-0,004133	0,061705	-0,005306	-0,009473	0,005291
Var2	-0,004133	1,000000	-0,010008	-0,001437	0,005360	0,003054
Var3	0,061705	-0,010008	1,000000	-0,016810	-0,013062	-0,035884
Var4	-0,005306	-0,001437	-0,016810	1,000000	-0,035191	-0,047294
Var5	-0,009473	0,005360	-0,013062	-0,035191	1,000000	0,076041
Var6	0,005291	0,003054	-0,035884	-0,047294	0,076041	1,000000

**Рис. 1. Результати перевірки перехресної кореляції за Спірменом для електродвигунів потужністю 4 кВт:**

Var 1 – температура; Var 2 – вологість; Var 3 – концентрація аміаку; Var 4 – напруга живлення електродвигуна потужністю 4 кВт; Var 5 – споживаний струм електродвигуном потужністю 4 кВт; Var 6 – струм витоку електродвигуна 4 кВт

Проведений статистичний аналіз результатів пасивного експерименту показав, що хоча вплив деяких факторів незначний, проте в сукупності зі зміною інших параметрів він підсилюється, тому при побудові моделі прогнозування доцільно враховувати всі отримані дані пасивного експерименту.

Для вирішення такої задачі прогнозування використовується традиційна структура нейронної мережі – багат шаровий перцептрон [9]. Для синтезу та дослідження відповідних НМ використаємо програмний пакет Statistica Neural. Для ефективного моделювання у пакеті Statistica Neural Networks вхідні дані автоматично розбиваються на три блоки: навчальні, контрольні, тестові. Наявність трьох блоків не є обов'язковою, однак, тестовий блок покращує якість подальшої роботи, оскільки дає можливість впевнитись, що не відбулося “перенавчання” (overfitting) мережі.

Найкращий результат продемонструвала мережа MLP 5-8-1, яка забезпечила продуктивність на всіх вибірках близько 96 %. Результати створення моделей прогнозування в програмному пакеті Statistica Neural Networks наведено на рис. 2.

Ітоги моделей (прогнозСВ)											
N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. производительность.	Тест. производительность.	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив. скрытых нейр.	Ф-я актив. выходных нейр.
1	MLP 5-3-1	0,895205	0,845081	0,880086	0,113321	0,114477	0,105905	BFGS 22	Сум. квадр.	Логистическая	Экспонента
2	MLP 5-6-1	0,897317	0,857186	0,873854	0,103574	0,177586	0,132336	BFGS 30	Сум. квадр.	Гиперболическая	Экспонента
3	MLP 5-3-1	0,880803	0,829294	0,872409	0,183785	0,162125	0,138982	BFGS 53	Сум. квадр.	Экспонента	Гиперболическая
4	MLP 5-3-1	0,891220	0,843740	0,880721	0,132886	0,122093	0,102520	BFGS 20	Сум. квадр.	Логистическая	Логистическая
5	MLP 5-8-1	0,954240	0,944940	0,942398	0,071332	0,095830	0,094271	BFGS 86	Сум. квадр.	Гиперболическая	Гиперболическая

**Рис. 2. Результати створення моделей прогнозування в програмному пакеті Statistica Neural Networks**

Результати досліджень та їх обговорення. На рис. 3 наведено фрагмент результатів прогнозу струму витоку в програмному пакеті Statistica Neural Networks.

Наблюд. номер #	Выборки: Обучающая, Тестовая, Тестовая						
	Выборка	Струм витоку (4кВт), мА Целевая	Струм витоку (4кВт), мА - Выход 1. MLP 5-3-1	Струм витоку (4кВт), мА - Выход 2. MLP 5-6-1	Струм витоку (4кВт), мА - Выход 3. MLP 5-3-1	Струм витоку (4кВт), мА - Выход 4. MLP 5-3-1	Струм витоку (4кВт), мА - Выход 5. MLP 5-8-1
1	Тестовая	3,30000	4,00100	4,02306	3,77656	4,03341	3,94408
2	Обучающая	4,40000	3,99565	4,02306	4,21618	3,99881	4,05441
3	Обучающая	4,60000	3,99512	4,02306	3,94703	3,82980	3,98563
4	Обучающая	5,30000	3,99657	4,02306	4,08063	3,99107	5,01750
5	Обучающая	2,80000	3,99497	4,02306	4,21736	3,90740	3,03447
6	Обучающая	3,50000	3,99608	4,02306	3,92319	3,90505	3,94119
7	Тестовая	3,60000	3,99506	4,02306	4,56538	3,91059	3,62776
8	Тестовая	2,90000	3,99493	4,02306	3,57804	3,86644	2,89885
9	Тестовая	3,30000	3,99885	4,02306	3,86887	3,96001	3,87882
10	Обучающая	5,00000	3,99679	4,02306	3,99135	4,01594	4,99784
11	1	3,30000	3,99490	4,02306	4,40195	3,92219	3,66716
12	Тестовая	4,80000	3,99542	4,02306	3,69443	3,91425	4,49255
13	Обучающая	5,20000	3,99533	4,02306	4,24824	3,94470	4,45781
14	Обучающая	4,40000	3,99750	4,02306	4,23706	3,99973	4,05585
15	Обучающая	3,20000	3,99517	4,02306	3,91577	3,87016	3,97044
16	Обучающая	4,30000	3,99557	4,02306	4,06670	4,01187	4,01228
17	Обучающая	18,30000	15,22578	15,56132	14,95978	15,61173	18,41659
18	Обучающая	4,50000	4,00215	4,02306	4,04254	4,03255	4,42700
19	1	4,10000	3,99494	4,02306	3,52884	3,87301	3,84934
20	Тестовая	3,90000	3,99497	4,02306	4,18386	3,96399	4,02395
21	Обучающая	2,80000	3,99494	4,02306	4,24267	3,97389	3,04168
22	Обучающая	2,70000	3,99510	4,02306	4,17175	3,91701	3,00862

**Рис. 3. Фрагмент результатів прогнозу струму витоку в програмному пакеті Statistica Neural Networks**

На рис. 4 наведено статистики передбачених значень струму витоку в програмному пакеті Statistica Neural Networks.



Статистики	Статистики предсказ. значений (прогнозСВ)				
	Целевая: Струм витоку (4кВт), мА				
	1.MLP 5-3-1	2.MLP 5-6-1	3.MLP 5-3-1	4.MLP 5-3-1	5.MLP 5-8-1
Минимум предсказ. знач. (Обучающая)	3,9949	4,0229	3,2528	3,8128	3,2852
Максимум предсказ. знач. (Обучающая)	15,2258	15,5677	19,6488	15,6160	19,2900
Минимум предсказ. знач. (Контрольная)	3,9949	4,0230	3,3205	3,8192	3,3213
Максимум предсказ. знач. (Контрольная)	15,2258	15,5677	18,6749	15,6160	18,3677
Минимум предсказ. знач. (Тестовая)	3,9949	4,0229	3,1708	3,8190	3,3040
Maximum prediction (Тестовая)	15,2258	15,5677	18,9826	15,6160	17,5360
Минимум предсказ. знач. (Пропущенные)					
Максимум предсказ. знач. (Пропущенные)					
Минимум остатков (Обучающая)	-11,6258	-11,3952	-8,6959	-12,0160	-9,2653
Максимум остатков (Обучающая)	13,2333	13,3768	8,9579	12,3838	6,9371
Минимум остатков (Контрольная)	-3,7258	-7,4390	-3,9954	-5,5623	-4,1677
Максимум остатков (Контрольная)	11,0838	8,7020	12,3358	10,4772	13,2249
Минимум остатков (Тестовая)	-4,6860	-5,0675	-6,2832	-4,7494	-7,0360
Максимум остатков (Тестовая)	11,2994	11,5488	9,3564	10,5549	9,3391
Минимум стандар. остатков (Обучающая)	-16,2266	-16,0580	-11,3811	-16,4605	-13,4957
Максимум стандар. остатков (Обучающая)	18,4703	18,8504	11,7241	16,9644	10,1045
Минимум стандар. остатков (Контрольная)	-5,1944	-10,7643	-5,3290	-7,6981	-5,8028
Максимум стандар. остатков (Контрольная)	15,4528	12,5919	16,4532	14,5001	18,4137
Минимум стандар. остатков (Тестовая)	-6,0201	-6,3726	-7,8603	-6,1186	-9,1272
Максимум стандар. остатков (Тестовая)	14,5163	14,5233	11,7049	13,5978	12,1147

**Рис. 4. Статистики передбачених значень струму витоку в програмному пакеті Statistica Neural Networks**

Задавши 200 наборів дослідних даних, на яких мережа не навчалася, було отримано 94 % ефективності функціонування, що також доводить можливість її подальшого використання. Фрагмент таблиці значень вагових коефіцієнтів наведений на рис. 5.

Веса ID	Соединения 5.MLP 5-8-1	Значения весов 5.MLP 5-8-1
1	Температура у приміщенні --> скрытый нейрон 1	-0,1356
2	Вологість у приміщенні --> скрытый нейрон 1	-0,4483
3	Концентрація аміаку у приміщенні --> скрытый нейрон 1	-0,0384
4	Напряга живлення(4кВт), В --> скрытый нейрон 1	0,8662
5	Споживаний струм (4кВт), А --> скрытый нейрон 1	-4,1590
6	Температура у приміщенні --> скрытый нейрон 2	-0,8533
7	Вологість у приміщенні --> скрытый нейрон 2	-1,2374
8	Концентрація аміаку у приміщенні --> скрытый нейрон 2	0,6167
9	Напряга живлення(4кВт), В --> скрытый нейрон 2	1,4730
10	Споживаний струм (4кВт), А --> скрытый нейрон 2	0,9257
11	Температура у приміщенні --> скрытый нейрон 3	-0,5937
12	Вологість у приміщенні --> скрытый нейрон 3	-7,5504
13	Концентрація аміаку у приміщенні --> скрытый нейрон 3	0,0727
14	Напряга живлення(4кВт), В --> скрытый нейрон 3	-0,0447
15	Споживаний струм (4кВт), А --> скрытый нейрон 3	2,0266
16	Температура у приміщенні --> скрытый нейрон 4	2,1027
17	Вологість у приміщенні --> скрытый нейрон 4	6,9969
18	Концентрація аміаку у приміщенні --> скрытый нейрон 4	-1,1612
19	Напряга живлення(4кВт), В --> скрытый нейрон 4	-2,4898
20	Споживаний струм (4кВт), А --> скрытый нейрон 4	-2,3291
21	Температура у приміщенні --> скрытый нейрон 5	0,1843
22	Вологість у приміщенні --> скрытый нейрон 5	4,2209
23	Концентрація аміаку у приміщенні --> скрытый нейрон 5	-0,6353
24	Напряга живлення(4кВт), В --> скрытый нейрон 5	-1,6910
25	Споживаний струм (4кВт), А --> скрытый нейрон 5	-0,2076

**Рис. 5. Зображення фрагменту таблиці значень вагових коефіцієнтів**

Параметри функціонування електродвигунів та роботи нейронної мережі записуються в базу даних, що дає можливість донавчання нейромережевої моделі та прогнозування у процесі функціонування (змінюванням значень вагових коефіцієнтів) системи залежно від достовірності прогнозу струму витоку.

Результати розрахунку чутливості струму витоку та вхідних параметрів моделі прогнозування наведено на рис. 6.

Сети	Чувствительность (прогнозСВ) Выборки: Обучающая, Тестовая, Тестовая				
	Споживаний струм (4кВт), А	Вологість у приміщенні	Напруга живлення(4кВт), В	Температура у приміщенні	Концентрація аміаку у приміщенні
1.MLP 5-3-1	3,487756	1,661618	1,063912	1,060252	0,997491
2.MLP 5-6-1	3,612986	1,690842	1,114838	1,034530	1,000671
3.MLP 5-3-1	3,224181	1,608765	1,040825	1,020023	0,996416
4.MLP 5-3-1	3,434146	1,639621	1,050237	1,043743	0,991920
5.MLP 5-8-1	4,066307	1,771096	1,030581	1,016728	0,998702
Среднее	3,565075	1,674388	1,060079	1,035055	0,997040

**Рис. 6. Результати створення моделей прогнозування в програмному пакеті Statistica Neural Networks**

Синтезована нейронна мережа за технологічними параметрами (НМТП) є основою системи прогнозування струму витоку електродвигуна за технологічними параметрами. Система прогнозування на основі НМТП включає засоби вимірювання технологічних параметрів, параметрів функціонування електродвигуна та базу даних. Ключове рішення в такій системі приймає людина.

**Висновки і перспективи.** Отже, підтвердивши технологічну прийнятність використання синтезованої нейронної мережі за технологічними параметрами, прийнято рішення щодо її подальшого застосування. Кращу якість на навчальній та тестовій вибірках даних для електродвигуна потужністю 4 кВт продемонструвала нейронна мережа MLP 5-8-1 (середньоквадратична похибка навчання 7 %, середньоквадратична похибка тестування – 9 %).

### Список використаних джерел

1. Монаков В. К. УЗО. Теория и практика. М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. 368с.
2. Gerasymenko V., Kozyrskyi V., Maiborodina N., Kovalov O. Mathematical Model Changing the Value of the Process of Leakage Current in 0.38 kV Networks. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 339 – 348. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_38)
3. Штепан Ф. Устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным током. Прага, 2004. 90 с.
4. Герасименко В.П. Інтелектуальна система контролю та прогнозування величини струму витoku електрообладнання установок для теплової обробки і сушіння зернової маси. Енергетика і автоматика. 2020. №6. С. 109 – 117. DOI 10.31548/energiya2020.06.109
5. Zagirnyak M., Prus V., Somka O. Reliability Models of Electric Machines with Structural Defects Proceedigs 2015 16th International Conference on “Computational Problems of Electrical Engineering” CPEE–2015. Lviv, 2015. P. 249-251.
6. Кондратенко І. П., Заєць Н. А., Штепа В. М. Наукові основи керування електротехнічними комплексами неперервних виробництв із прогнозуванням нештатних ситуацій: монографія. Київ: Прінтеко, 2020. 256 с.
7. Герасименко В. П. Апаратно-програмна реалізація інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та прогнозування величини струму витoku електрообладнання тваринницького приміщення. Енергетика і автоматика. 2020. №2. С. 77 – 85. DOI 10.31548/energiya2020.02.077
8. Лисенко В. П., Решетюк В. М., Штепа В. М., Заєць Н. А. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм. К., 2014. 336 с.
9. Гриценко Н. Г., Заец Н. А., Смитюх Я. В. Интеллектуальная система управления процессом ректификации с прогнозированием нештатных ситуаций. Вестник Брестского государственного технического университета. 2017. № 4. С. 70–73.

### References

1. Monakov V. K. (2007). UZO. Teoriya i praktika [RCD. Theory and practice]. Moscow: ZAO «Energoservis», 368.
2. Gerasymenko, V., Kozyrskyi, V., Maiborodina, N., Kovalov, O. (2019). Mathematical Model Changing the Value of the Process of Leakage Current in 0.38 kV Networks. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 339 – 348.
3. Shtepan, F. (2004). Ustroystva zashchitnogo otklyucheniya, upravlyayemyye differentsial'nym tokom [Residual Current Controlled Residual Current Devices]. Praga, 90.
4. Gerasymenko, V. P. (2020). Intelktualna systema kontroliu ta prohnozuvannia velychyny strumu vytoku elektroobladnannia ustanovok dlia teplovoi obrobky i sushinnia zernovoi masy [Intelligent control system and prediction of the amount of leakage current



of electrical equipment for heat treatment and drying of grain mass]. Enerhetyka i avtomatyka, 6, 109 – 117.

5. Zagirnyak, M., Prus, V., Somka, O. (2015). Reliability Models of Electric Machines with Structural Defects Proceedigs 2015 16th International Conference on “Computational Problems of Electrical Engineering” CPEE–2015. Lviv, 249-251.

6. Kondratenko, I. P., Zaiets, N. A., Shtepa, V. M. (2020). Naukovi osnovy keruvannia elektrotekhnichnymy kompleksamy neperervnykh vyrobnytstv iz prohnozuvanniam neshtatnykh sytuatsii: monohrafyia [Scientific bases of management of electrotechnical complexes of continuous productions with forecasting of abnormal situations: monograph]. Kyiv: Printeko, 256.

7. Gerasymenko. V. P. (2020). Aparatno-prohramna realizatsiia intelektualnoi komp'uterno-intehrovanoi systemy kontroliu ta prohnozuvannia velychyny strumu vytoku elektroobladnannia tvarynnytskoho prymishchennia. [Hardware and software implementation of intelligent computer-integrated control system and prediction of leakage current of electrical equipment of livestock premises]. Enerhetyka i avtomatyka, 2, 77 – 85.

8. Lysenko. V. P., Reshetiuk, V. M., Shtepa, V. M., Zaiets, N. A. (2014). Systemy shtuchnoho intelektu: nechitka lohika, neironni merezhi, nechitki neironni merezhi, henetychnyi alhorytm [Artificial intelligence systems: fuzzy logic, neural networks, fuzzy neural networks, genetic algorithm]. Kyiv, 336.

9. Gritsenko, N. G., Zayets, N. A., Smityukh, Y. V. (2017). Intel'ektual'naya sistema upravleniya protsessom rektifikatsii s prognozirovaniem neshtatnykh situatsiy [Intelligent rectification process control system with emergency situations forecasting]. Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 4, 70–73.

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОКА УТЕЧКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

***В. А. Герасименко, В. В. Василенко, Н. В. Майбородина,  
А. В. Ковальов***

**Аннотация.** *Одним из эффективных технических способов контроля состояния электродвигателей являются средства измерения и контроля величины тока утечки, характеризующей состояние изоляции электродвигателя. Использование более совершенных устройств, имеющих возможность не только фиксировать, но и прогнозировать достижение опасных значений тока утечки, позволяет предупредить и заранее информировать о возможной опасности для обслуживающего персонала, уменьшать время на простое и позволяет обслуживать, ремонтировать или заменять электродвигатели в технологическую паузу, не дожидаясь их полного отказа. Нейронные сети, используемые для прогнозирования надежности электродвигателей, выглядят как математическая модель параллельных вычислений, состоящая из простых процессорных элементов, взаимодействующих между собой и называемых искусственными нейронами.*

*Цель исследования – синтезировать нейронную сеть на основе выбранных технологических параметров и проверить ее технологическую приемлемость для прогнозирования тока утечки электродвигателя.*

*Синтезированная нейронная сеть по технологическим параметрам может быть основой для построения системы прогнозирования тока утечки электродвигателя по технологическим параметрам. Система прогнозирования на основе нейронной сети по технологическим параметрам включает средства измерения технологических параметров, параметров функционирования электродвигателя и базу данных. Ключевое решение в такой системе принимает человек.*

**Ключевые слова:** *ток утечки, технологические характеристики, нейронная сеть*

## **NEURAL NETWORK FORECAST OF LEAK CURRENT BASED ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS**

**V. Gerasymenko, V. Vasylenko, N. Maiborodina, O. Kovalov**

**Abstract.** *One the effective technical methods of monitoring the condition electric motors is a means of measuring and controlling the amount leakage current, which characterizes the state of insulation of the electric motor. The use of more advanced devices that can not only record but also predict the achievement dangerous values leakage current, makes it possible to warn and inform in advance about the possible danger to staff, reduce downtime and allows maintenance, repair or replacement motors in the technological pause without waiting for their complete rejection. The neural networks used to predict the reliability electric motors have the form a mathematical model of parallel computing, which consists simple processor elements that interact with each other and are called artificial neurons.*

*The purpose of the study is to synthesize the neural network on the basis selected technological parameters and check its technological acceptability for predicting the leakage current of the motor.*

*The synthesized neural network according to the technological parameters should be the basis for building a system for predicting the leakage current of the electric motor according to the technological parameters. The prediction system based on the neural network on technological parameters also includes means of measuring technological parameters, parameters of motor operation and database. The key decision in such a system is made by man.*

**Key words:** *leakage current, technological parameters, neural network*