

Когда давление угольного пласта становится меньше по абсолютной величине, чем начальное напряжение, происходит частичное отслоение атомов углерода внутри угольного пласта.

Это приводит к увеличению газонасыщенности пласта.

Поскольку породы, согласно исследованиям М.М. Андреева [2], имеют большую проницаемость, чем уголь, большая часть метана из пласта поступает в породы.

Насыщение газа определяется по формуле

$$g(x, y, z, T) = \int_0^T (s(l_m) - s(l_0)) \frac{l_m - l_0}{l_m} \frac{H - l_0}{H} dt \quad (18)$$

$$s(H) = \sin\left(\frac{\pi H}{2 H_0}\right), l = \frac{\sigma}{\rho}$$

На рис. 2 показано прогнозируемое распределение метана на участке разгрузки угольного пласта (кривая 1), вычисленное по формуле (18), найденное по эмпирической формуле (кривая 2) и полученное экспериментально по данным метода магнитно-резонансной локализации недр (кривая 3).

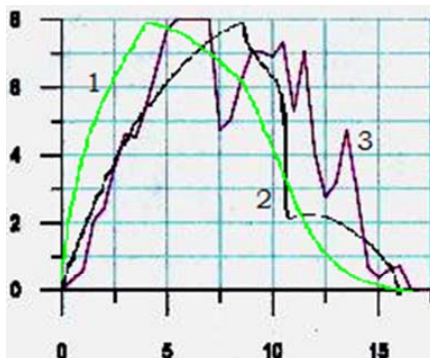


Рис. 2. Характер формирования метановых потоков

Сравнение результатов показывает, что формула (18) с высокой точностью описывает процессы формирования газовых потоков в угольном пласте.

В дальнейшем планируется исследовать фильтрацию метана в угле и породах, на основании исследований планируется предложить оптимальное расположение газодобывающих скважин

Список литературы

1. Андреев М.М. Критерии применения дегазации по способу и параметрам // Уголь Украины, 2000. - №8.
2. Андреев М.М. Технология управления термодинамикой угленосного массива // Уголь Украины, 2004. - №6.
3. Андреев М.М. Введение в термодинамику угленосного массива // Сб. докладов Международной науч.-техн. конференции «Форум горняков-2003». – Днепропетровск: НГАУ, 2003.
4. С.Г. Лехницький Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука, 1977 – 416 с.
5. Левшин А.А., Мануйленко Р.И. Напряженно-деформированное состояние анизотропного массива горных пород // Теоретическая и прикладная механика, вып. 27.-1997.-С. 81-86.

Рукопись поступила в редакцию 07.03.14

УДК 621.313.2

В.А. ВЛАСЕНКО, ассистент, О.В. ІЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ВПЛИВ ВЗАЄМОІНДУКЦІЇ ФАЗ ВЕНТИЛЬНО-ІНДУКТОРНОГО ДВИГУНА НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Здійснено якісний та кількісний аналіз впливу явища взаємоіндукції фаз вентильно-індукторного двигуна на його електромеханічні характеристики на основі математичного моделювання із застосуванням програмного пакету Matlab. Розроблено рекомендації щодо ефективної схеми ввімкнення фаз обмотки вентильного індукторного двигуна.

Ключові слова: взаємоіндукція, вентильно-індукторний двигун, схема ввімкнення

Актуальність роботи. За останній час вентильно-індукторні двигуни (ВІД) набувають активного розвитку, що передбачає здійснення поглиблених досліджень складних електромагнітних та механічних процесів при їх роботі. Отримані результати теоретичних досліджень мають прикладне значення, так як дозволяють підвищити енергетичні та експлуатаційні характеристики машин. Один із мало досліджених процесів роботи ВІД обумовлений явищем взаємоіндукції, яке проявляється як вплив магнітного потоку котушки однієї фази на потікозчеплення іншої фази.

Мета роботи. Метою даної роботи є виявлення характеру впливу взаємної індуктивності фаз на електромеханічні властивості індукторного двигуна, а також розробка відповідних рекомендацій для ефективного використання цього явища в процесі експлуатації машини.

Матеріали дослідження. В роботі [1] виконано дослідження явища взаємної індуктивності фаз вентильно-індукторної машини на основі польового підходу. Під час даного дослідження встановлено ряд положень: найбільше значення взаємної індуктивності мають суміжні фази; взаємоіндукція проявляється в більшій мірі при збільшенні числа полюсів статора; значення взаємної індуктивності складає 5-12% відносно власної індуктивності фази в залежності від конфігурації магнітної системи машини. Взаємоіндукція суміжних фаз може бути представлена аналітичною залежністю у вигляді ряду Фур'є

$$M_{kj} = \sum_{i=0}^N M_i \cos \left[ipz_2 \theta - \frac{\pi(2k-1)}{m} + (k-j) \frac{\pi(z_1 - z_2)}{z_1} \right] \quad (1)$$

де k, j – номери фаз, причому $j = k \pm 1$, так як розглядаються суміжні фази; N – кількість гармонік ряду Фур'є; i – номер гармоніки; p – кількість пар полюсів на фазу; θ – кут положення ротора; m – кількість фаз; z_1, z_2 – кількість полюсів статора і ротора відповідно; M_i – амплітуда i -тої гармоніки.

Система диференціальних рівнянь [2], що описують електромеханічні процеси індукторного двигуна, з урахуванням взаємоіндукції суміжних приймає наступний вигляд

$$\begin{cases} u_k = Ri_k + L_k(\theta, i_k) \frac{di_k}{dt} + \omega \frac{\partial L_k(\theta, i_k)}{\partial \theta} i_k \pm M_{kj}(\theta, i_j) \frac{di_j}{dt} \pm \omega \frac{\partial M_{kj}(\theta, i_j)}{\partial \theta} i_j \\ M_e = \frac{\partial L_k(\theta, i_k)}{\partial \theta} \cdot \frac{i_k^2}{2} \pm \frac{\partial M_{kj}(\theta, i_j)}{\partial \theta} \cdot \frac{i_j^2}{2} \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} \cdot (M_e - M_c) \\ \frac{d\theta}{dt} = \omega \end{cases} \quad (2)$$

де $k = 1 \dots m$ – номер фази; $j = k \pm 1$ – номери фаз, суміжних з k -ю фазою; u_k, i_k – відповідно напруга та струм k -ї фази; R – активний опір обмотки; L_k – власна індуктивність k -ї фази; M_{kj} – взаємоіндукція між фазами k та j ; M_e – електромагнітний момент двигуна; M_c – статичний момент навантаження; J – момент інерції; ω – кутова частота обертання ротора.

У наведеній системі рівнянь знак «+» перед останніми двома доданками першого рівняння та останнім доданком другого відповідає узгодженому з'єднанню суміжних фаз, тобто такому їх взаємному включенню при якому їх магнітні потоки направлені в одному напрямі.

Реалізувати такий режим роботи, при якому власний магнітний потік фази та створений суміжною фазою потік співпадають за напрямом в полюсі статора, можливо у випадку різноіменного ввімкнення суміжних фаз до джерела живлення. На рис. 1 схематично показано при такому з'єднанні фазних обмоток напрями власних потоків фаз (суцільні лінії) та потоків наведених суміжними фазами (штрихові лінії) на прикладі трифазної машини конструкції 6/4.

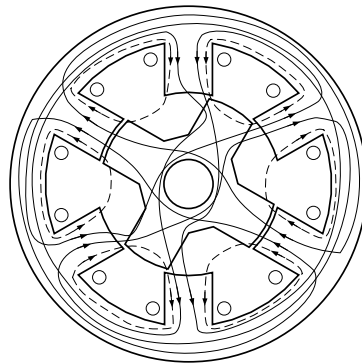


Рис. 1. Власні та наведені від суміжних фаз магнітні потоки

Відповідно до наведеної вище системи рівнянь розроблена та побудована імітаційна модель індукторного двигуна конфігурації 6/4 у віртуальному середовищі **Simulink** програмного пакету **Matlab**, зображення якої показано на рисунку 2. Параметри зразка двигуна відповідають представленим у джерелі [3]. На рис. 3 наведено структуру блоку, що виконує функцію однієї фази машини.

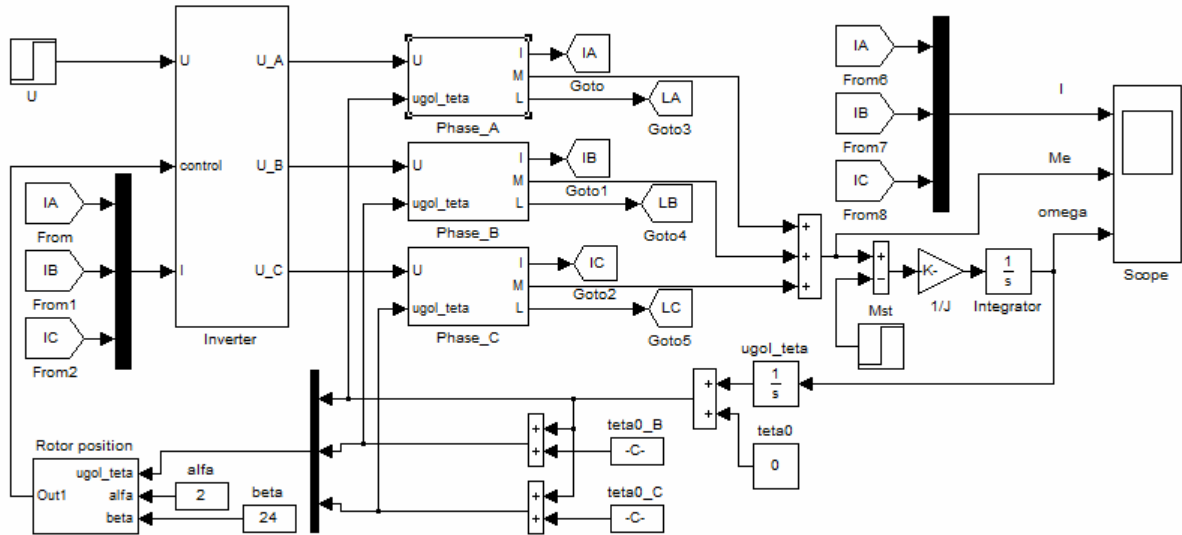


Рис. 2. Імітаційна модель ВІД з врахуванням взаєміндукції фаз

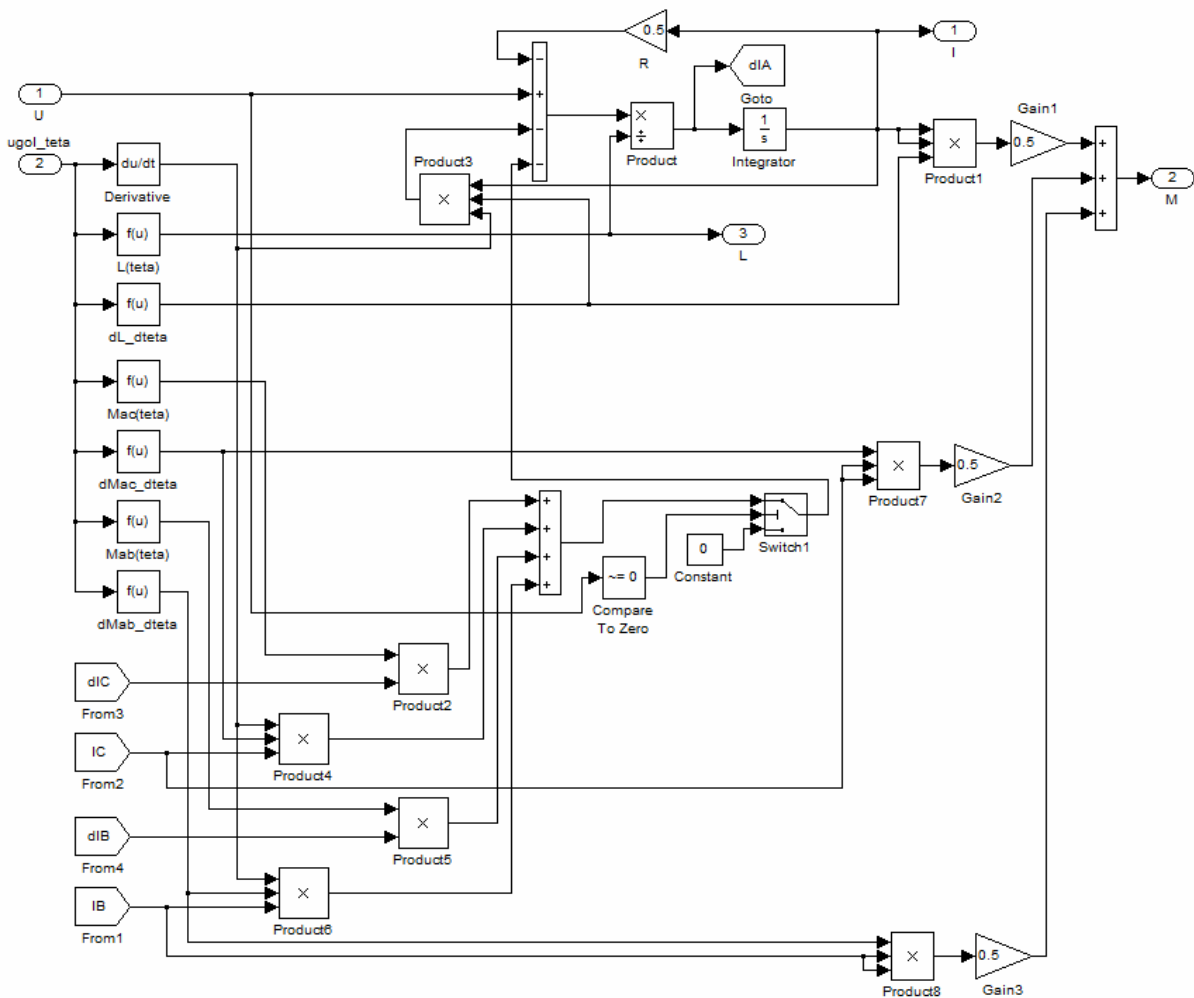


Рис. 3. Модель фази індукторного двигуна

У результаті обчислювального експерименту за допомогою розробленої моделі знято механічні характеристики індукторного двигуна для зустрічного та узгодженого ввімкнення суміжних фаз.

Отримані результати показані на рис. 4.

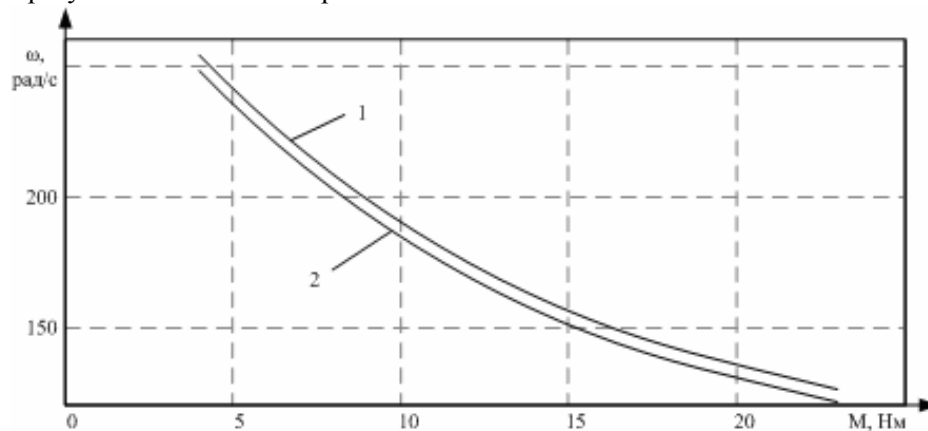


Рис. 4. Механічні характеристики ВІД

Крива 1 відповідає узгодженому ввімкненню суміжних фаз, тобто неодноразовому приєднанню обмоток до джерела, крива 2 – зустрічному, при якому обмотки ввімкнені одночасно.

У більшості джерел, наприклад [4], представлено схему ввімкнення фаз індукторного двигуна, за якої фази з'єднуються з джерелом живлення однойменно, тобто полярність обмоток усіх фаз однакова.

Аналізуючи вплив взаємодукції на характеристики двигуна, можна зробити висновок, що така схема являється менш ефективною, ніж різнойменне з'єднання фаз, при якому потужність на валу двигуна збільшується на 4-5 %.

Висновки. В даній роботі розроблено математичну модель вентильного індукторного двигуна з урахуванням взаємної індуктивності фаз.

За допомогою імітаційного моделювання доведено ефективність різнойменного вмикання до джерела живлення суміжних фаз з точки зору врахування явища взаємодукції.

Список літератури

1. **Власенко В.А.** Дослідження взаємодукції фаз вентильно-індукторного двигуна // Вісник НТУ ХП. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів, 2010 – №55, с. 3-8.
2. **Голландцев Ю.А.** Вентильные индукторно-реактивные двигатели. – СПб.: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 148 с.
3. **Krishnan Ramu.** Switched reluctance motor drives: modeling, simulation, analysis, design, and applications. – Boca Raton London New York Washington, D.C., 2001. – 416 p.
4. **Кузнецов В.А., Кузьмичев В.А.** Вентильно-индукторные двигатели. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 70 с.

Рукопись поступила в редакцию 07.03.14