

## ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН ТОЧКОВОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ ЗА КОМП'ЮТЕРНОЮ МОДЕЛЛЮ

*Розроблена комп'ютерна модель машини контактного точкового зварювання змінним струмом, що дозволяє вивчати вплив характеристик окремих елементів електричної силової частини машини на енергетичні характеристики процесу. Проведено дослідження залежності коефіцієнту корисної дії процесу від способу завдання режиму зварювання.*

*Computer model resistance spot welding machine AC is developed. The model can examines the influence of the characteristics electrical power elements of the machine on the performance process. A study of dependence coefficient of the manner mode welding task.*

Розрахунок параметрів режиму контактного точкового зварювання змінним струмом полягає у виборі геометрії робочої поверхні електродів, зусилля стиснення, діючого значення струму та часових параметрів циклу зварювання. Одним з найбільш важливих з точки зору внеску енергії в зварне з'єднання параметрів є величина струму [1]. Керування величиною діючого значення струму в таких машинах здійснюють дискретно встановленням необхідного коефіцієнта трансформації комутацією секційованої первинної обмотки зварювального трансформатора та плавно фазовим регулюванням тиристорним контактором, встановленим у первинну обмотку зварювального трансформатора.

Кількісну оцінку ступеню впливу на якість зварювання різного роду збурень, які можуть бути вимірними або обчислені в процесі зварювання як правило здійснюють на основі дисперсійного аналізу експериментальних даних [2].

Для оцінки ступеню зв'язку між параметрами процесу та показником якості (діаметром ядра точки  $d_{\text{я}}$ ) використовують квадрат кореляційного відношення, %:

$$\eta^2 = \frac{S_{\text{я}}^2}{S_0^2} \cdot 100\%$$

де -  $S_{\text{я}}^2$  дисперсія  $d_{\text{я}}$ , пов'язана зі змінами конкретного параметра зварювання;  $S_0^2$  - загальна дисперсія  $d_{\text{я}}$ . З літературних джерел [2] відомо, що для сталі 12Х18Н10Т показник  $\eta^2$  дорівнює 88%, для сплаву АМг6М – 69%. Таким чином, найбільший внесок у формування ядра точки вносить потужність і енергія зварювання.

Метою роботи є вибір оптимальних з точки зору споживання енергії параметрів режиму зварювання. Вибір режимів проводився за допомогою комп'ютерної моделі, побудованої в середовищі Simulink пакета MATLAB (рис.1). Модель містить зварювальний трансформатор, тиристорний контактор, зварювальний трансформатор, зварювальний контур і зварну точку.

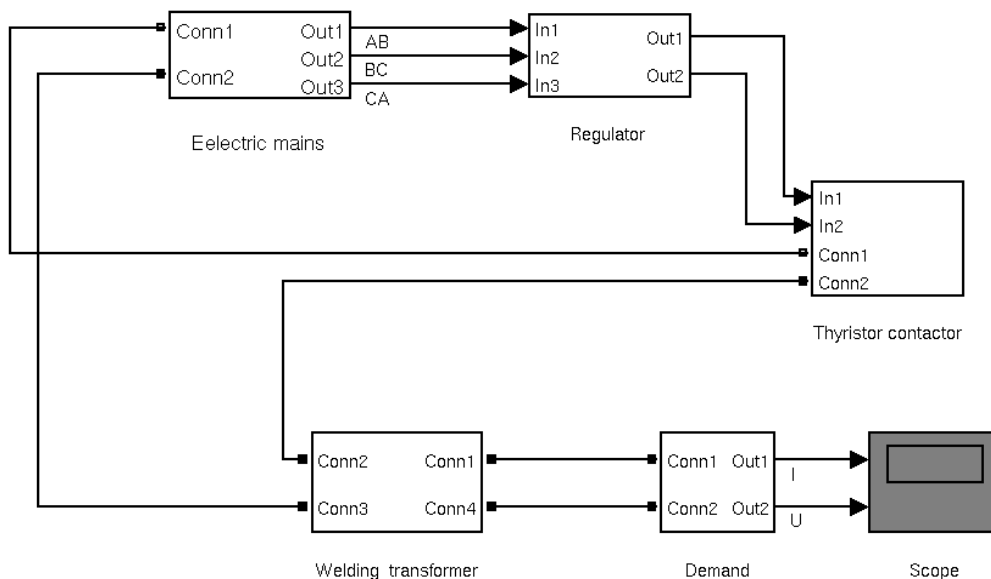


Рис. 1. Модель машини для точкового контактного зварювання змінним струмом

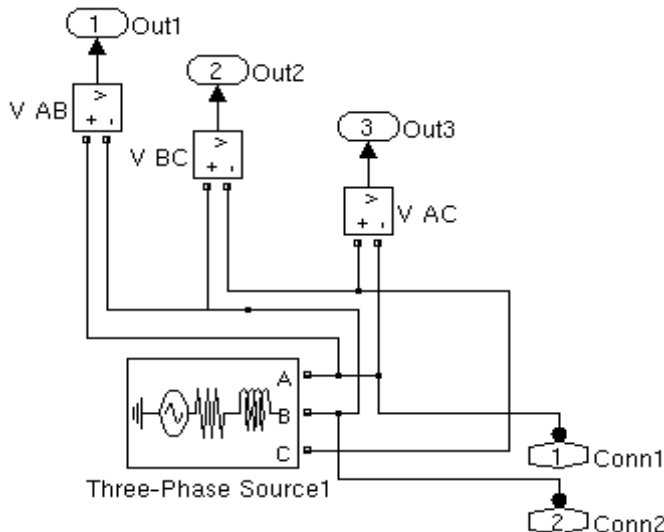


Рис. 2. Модель електричної мережі живлення

Електрична мережа моделюється джерелом синусоїдальної трьох-фазної напруги, яке дозволяє задавати напругу, частоту та активний та реактивний внутрішній опір електричної мережі (рис.2). Модель доповнена блоками виміру фазної напруги (VAB, VBC VAC) для забезпечення роботи регулятора циклу зварювання.

Основою регулятора циклу зварювання (рис.3) в моделі є стандартний 6 фазним синхронний генератор імпульсів пакету Simulink, в якому є можливість задавати зсув фази для імпульсів, що подаються на тиристорний контактор. Для оцінки енергетичних характеристик зварювальної машини достатньо керувати лише кутом відкриття тиристорного контактору у відповідності до заданого закону. При розрахунку енергетичних характеристик задавальна дія (кут відкриття тиристорного контактору) здійснювали зсув фази відкривальних імпульсів в межах 90...180 електричних градусів. Прискорення процесу моделювання досягається блоком Signal Builder, що видає завдання на зміну кута

відкриття тиристорів у відповідності до заданого алгоритму.

Тиристорний контактор моделюється стандартними блоками пакету Simulink з параметрами реальних тиристорів, що застосовуються в машинах контактного точкового зварювання.

Зварювальний трансформатор (рис. 5) моделювався як трансформатор з підвищеним магнітним розсіянням з параметрами, отриманими шляхом розрахунку реальної машини контактного точкового зварювання. Первинна обмотка розрахована на живлення від мережі 50 Гц напругою 380 В і має опір  $R_1=0,02 \cdot 10^{-6}$  Ом.

Модель легко дозволяє враховувати змінний коефіцієнт трансформації. В модель входить також вторинний контур трансформатора, представлений зосередженими параметрами: резистором  $R_k$  та індуктивністю  $L_k$  і загальним імпедансом  $Z=221 \cdot 10^{-6}$  Ом.

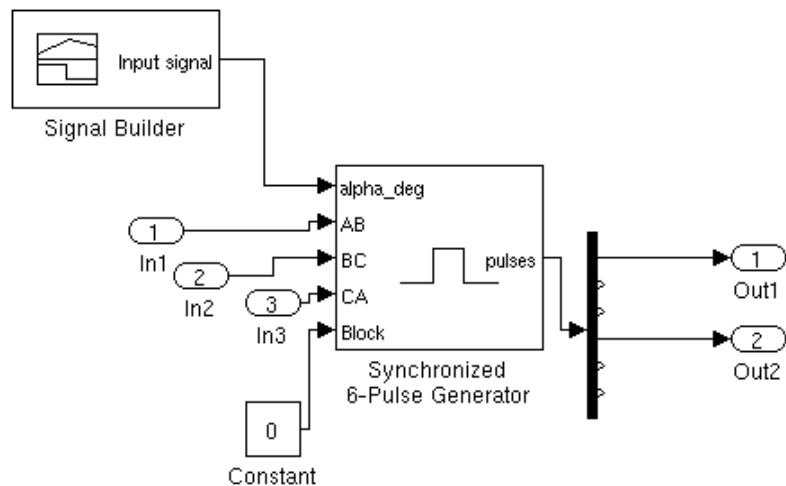


Рис. 3. Регулятор циклу зварювання

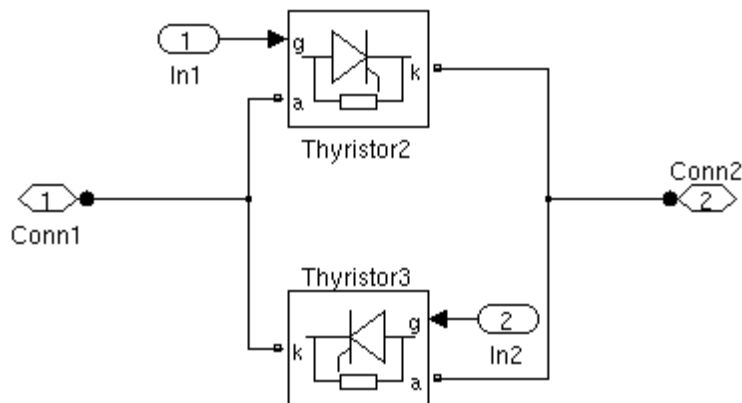


Рис. 4. Модель тиристорного контактору

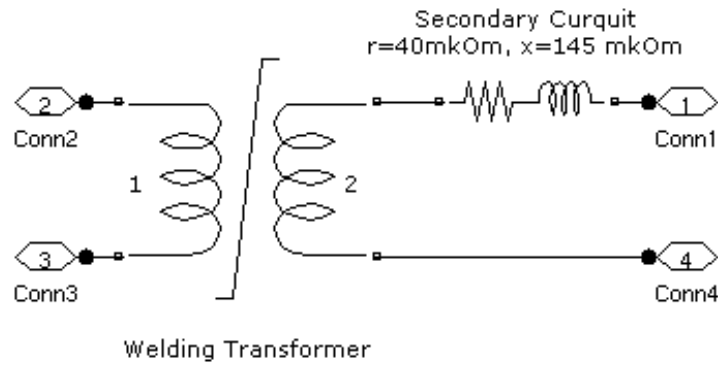


Рис. 5. Модель зварювального трансформатора

Зварна точка (рис. 6) моделюється активним лінійним опором. В моделі прийняте припущення про незмінність опору точки на протязі циклу зварювання. Для розрахунку приймалося середнє значення опору на протязі зварювання 15 мкОм.

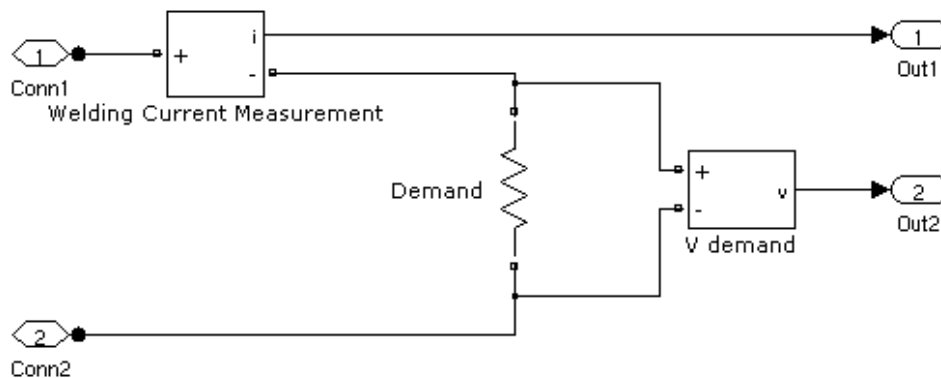


Рис. 6. Модель зварної точки

Модель дозволяє побудувати вольт-амперні характеристики машини контактного зварювання та регульовальні характеристики машини. Останні можливо представити як функції струму так і функції потужності від кута відкриття тиристорного контактору.

Спадна вольт-амперна характеристика зварювальної машини (рис.7) обумовлює можливість отримання діючих значень струму і однакових потужностей при різних кутах відкриття тиристорів і коефіцієнтах трансформації зварювального трансформатора.

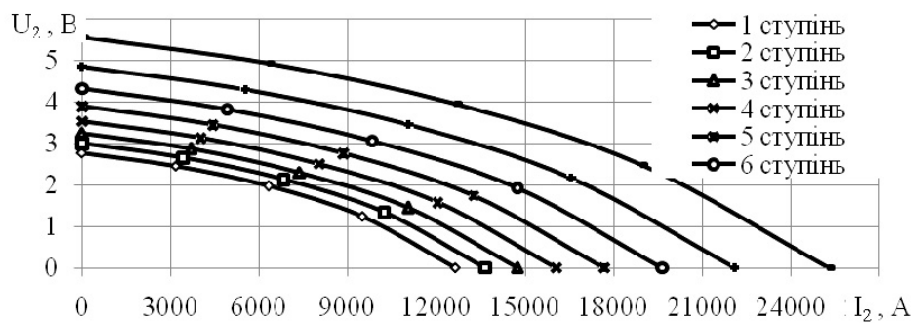


Рис. 7. Вольт-амперні характеристики зварювального трансформатора

Регульовальні характеристики – залежність величини зварювального струму від кута відкриття тиристорів є нелінійною (рис. 8).

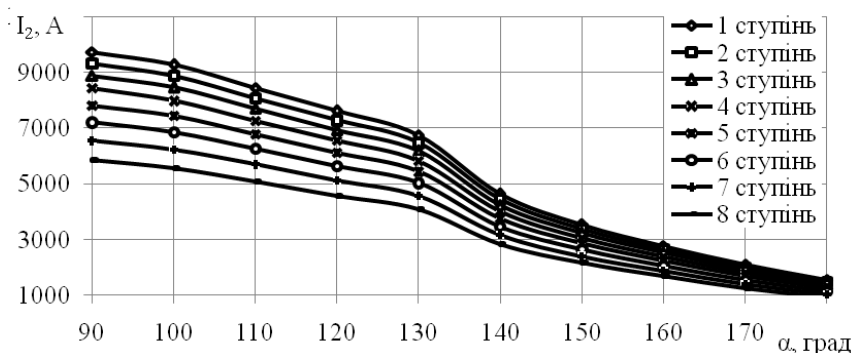


Рис. 8. Регульовальні характеристики машини контактної точкової зварювання

Нелінійний характер регульовальної характеристики дещо викривляє залежність коефіцієнту корисної дії (ККД) від кута відкриття тиристорного контактора  $\alpha$ . Однак типова для трансформаторів з підвищеним магнітним розсіюванням екстремальна залежність зберігається. Найвищий ККД на рівні 83 % спостерігається при куті  $\alpha=150^\circ$ . Однак таким кутам відповідає область струмів в межах 2...4 кА, що використовується тільки при зварюванні на «м'яких» режимах. На струмах зварювання, що наближаються до максимальних, ККД ледь перевершує 50%.

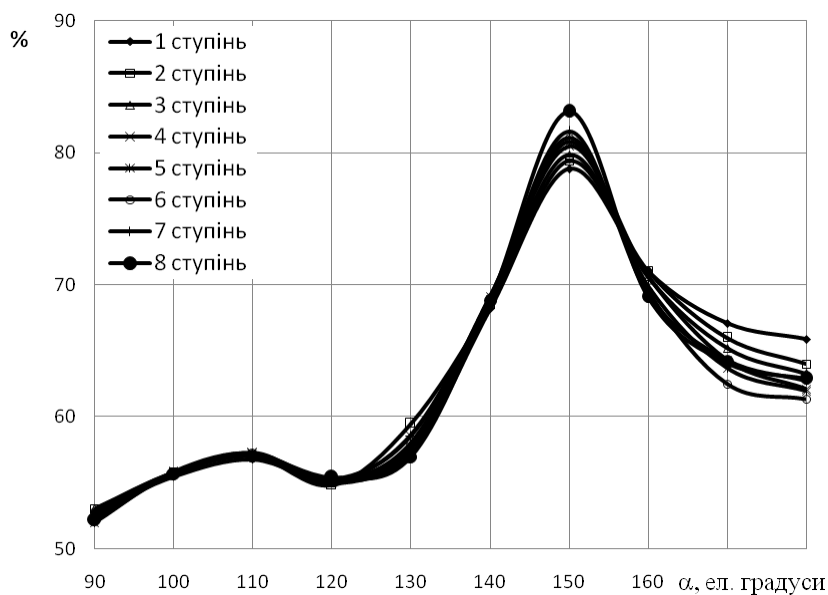


Рис. 9. Залежність ККД від кута відкриття тиристорного контактору

Розроблена модель дозволяє визначитись також і з впливом на енергетичні показники процесу активного і індуктивного опору вторинного контуру.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Енергетична ефективність використання точкового контактної зварювання змінним струмом знижується з підвищення струму зварювання.
2. Зменшення струму зварювання доцільно здійснювати використанням ступенів з найнижчим коефіцієнтом трансформації.
3. Створена модель машини контактної точкової зварювання змінним струмом придатна для аналізу енергетичних параметрів процесу і може застосовуватись при проектуванні зварювального устаткування. Подальше вдосконалення моделі полягає у врахуванні зміни опору зварювальної точки в процесі формування з'єднання.

#### Список літератури

1. Кочергин К.А. Контактная сварка. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние. 1987. -240 с.: ил
2. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с