

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента
Галая Василя Миколайовича
на дисертаційну роботу Савеленка Григорія Володимировича
«Автоматизація процесу керування подачею електрода-інструмента при
розмірній обробці дугою»,
представлену на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук зі спеціальності
05.13.07 – Автоматизація процесів керування

Актуальність теми дисертації

Як показала практика – процес розмірної обробки дугою (РОД), за допомогою якого можна отримати отвори і порожнини складного перерізу в будь-якому за твердістю електропровідному матеріалі, забезпечує значно більшу продуктивність обробки і менші витрати електроенергії, ніж традиційні методи електроерозійної обробки, засновані на використанні нестационарного електричного розряду – електроіскрова та електроімпульсна обробка.

На характер і ефективність РОД впливає велика кількість як об'єктивних факторів: фізико-технологічні характеристики заготовки і інструменту; полярність включення електродів; електричні і часові параметри напруги і струму, що подаються в міжелектродний проміжок (МЕР); хімічний склад, швидкість прокачки і температура технологічної рідини; параметри оточуючого середовища, так і суб'єктивних факторів: стан оператора, індивідуальні особливості, рівень підготовки. У зв'язку з умовами обробки, вихідні характеристики процесу змінюються в широких межах. Це впливає на якість і продуктивність обробки виробу. Тому для підвищення енергоефективності та продуктивності процесу РОД необхідно зменшувати вплив суб'єктивного фактору, впроваджуючи сучасні методи та системи автоматизації.

Вважаю, що дисертаційна робота, спрямована на автоматизацію процесу керування подачею електрода-інструмента при розмірній обробці дугою є складною актуальною науково-дослідною роботою, успішне впровадження

досліджень якої може підвищити продуктивність обробки деталі та енергоефективність процесу РОД.

Робота виконана на кафедрі Автоматизації виробничих процесів Центральноукраїнського національного університету (ЦНТУ) відповідно до тематики державних науково-дослідних робіт за напрямом: «Модернізація електромеханічної частини привода подачі електроерозійного верстата для розмірної обробки дугою» (номер держ. реєстрації 0111U007656), «Розробка інформаційно-вимірювального комплексу для реєстрації стохастичних параметрів роботи електроерозійного верстата для розмірної обробки дугою» (номер держ. реєстрації 0111U007657), «Використання інформаційних технологій на базі кореляційно-спектрального аналізу вибірок осцилограм технологічних параметрів функціональних вузлів електроерозійного верстату для розмірної обробки дугою» (номер держ. реєстрації 0111U007658).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна.

Наукові положення, висновки і рекомендації обґрунтовані наступними методами: наукового узагальнення та систематизації, статичної обробки та аналізу даних, математичного аналізу, математичної статистики; та теоріями: теорії автоматичного керування, теорії електроприводу, теорії стохастичних процесів з використанням спектрального аналізу. Наукові положення, висновки та рекомендації достовірні та достатньо обґрунтовані.

Наукова новизна отриманих результатів. Савеленко Г.В. в своїй дисертаційній роботі поставив та розв'язав задачу підвищення продуктивності та енергоефективності процесу розмірної обробки дугою за рахунок впровадження автоматичної електромеханічної системи подачі електрода-інструмента та розробки алгоритмів керування з врахуванням особливостей процесу. В процесі розв'язання цієї задачі автор отримав ряд нових наукових результатів, які мають ознаки новизни:

- обґрунтований метод визначення граничного значення технологічного параметру, за яким відбувається зміна швидкості подачі при підведенні електрода-інструмента до заготовки при відсутності горіння дуги;
- обґрунтований метод визначення рівня стабільності процесу розмірної обробки дугою;
- обґрунтований метод пошуку максимальної продуктивності процесу розмірної обробки дугою;
- розроблена нова система автоматичного керування процесом подачі електрода-інструмента при розмірній обробці дугою. Досліджена працездатність та ефективність даної системи.

Ці положення та результати в сукупності складають основу розв'язаної науково-технічної задачі підвищення продуктивності та енергоефективності процесу розмірної обробки дугою.

Важливість результатів дисертаційної роботи для науки і практики. Обґрунтовані методи, алгоритми та системи процесів керування забезпечують можливість отримання якісно нових проектних рішень з автоматизації процесу керування подачею електрода-інструмента при розмірній обробці дугою, які забезпечують можливість підвищення продуктивності і енергоефективності такого процесу. Результати дослідження знайшли застосування у практиці створення таких систем і впровадженні у проектних установах, на виробництві та в навчальний процес, що підтверджено відповідними актами.

Практична цінність результатів роботи. Полягає у розробці нових та вдосконалення існуючих алгоритмів та підсистем керування подачею електрода-інструмента при розмірній обробці дугою, а також програмних та схемотехнічних рішень для реалізації відповідної системи керування. Результати дослідження впроваджені в акціонерних товариствах «АСТРА-С», «ЗАВОД СЕГМЕНТ», приватному товаристві «ДЦ Арт-Салон» та у навчальному процесі Центральноукраїнського національного технічного університету.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 15 наукових праці, серед них 9 – у фахових виданнях України, з яких 4 у виданнях, занесених до міжнародних наукометричних баз даних («Google Scholar», РИНЦ), 5 тез доповідей і 1 патент на винахід. Дані публікації у повній мірі відображають зміст дисертації.

Анотування дисертації повністю відображає основний її зміст та надає всю необхідну інформацію про основні теоретичні та практичні здобутки дисертанта.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення. Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукової роботи нормам. Дисертація складається із вступу, 5-ти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Текст основної частини роботи викладений на 148 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, подано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію щодо апробації роботи, її структури та обсягу, розкрито особистий внесок здобувача.

У **першому** розділі розглядаються особливості технологічного процесу розмірної обробки дугою та виконаний огляд систем автоматичного керування процесом розмірної обробки дугою. Визначені шляхи продуктивності процесу розмірної обробки та здійснена постановка задач дисертаційного дослідження.

Аналіз існуючих систем керування показав, що однієї системи стабілізації по параметру: величина міжелектродного проміжку, за яким відбувається керування процесом обробки деталі, недостатньо для підвищення продуктивності і енергоефективності процесу розмірної обробки дугою, також для зменшення впливу суб'єктивного людського фактору на обробку деталі. Для автоматизації процесу керування подачею електрода-інструмента необхідно вирішити неохоплені раніше проблеми: підведення робочого

інструменту в зону обробки при відсутності горіння дуги, а також удосконалити процеси стабілізації горіння дуги та розробити алгоритм автоматичного пошуку екстремуму по продуктивності обробки деталі.

Другий розділ присвячений розробці методики експериментальних досліджень для: керування швидкості подачі при підведенні електрода-інструмента до заготовки при відсутності горіння електричної дуги; визначення рівня стабільності процесу розмірної обробки; формування сигналу завдання для забезпечення максимальної продуктивності процесу обробки деталі.

Для підтвердження працездатності означених методик та для збереження, візуалізації та обробки даних експериментів автором запропонований програмно-технічний комплекс. Аналізуються технологічні параметри, що підлягають запису, а також виконується вибір датчиків, блоків нормалізації сигналів, мікросистеми збору даних та програмного забезпечення, що входять в запропонований комплекс.

Для синтезу САК подачі електрода-інструменту при розмірній обробці дугою автором запропонована математична модель електромеханічної системи переміщення електродів.

В **третьому** розділі виконаний спектральний аналіз параметрів об'єкта керування з метою визначення частотного діапазону та амплітуд збурюючих впливів. Автором встановлено, що між стохастичними процесами дуги і параметрами приводу спектри викидів потужності по частотам не співпадають, що дало можливість зробити припущення про дуже слабку кореляцію цих процесів, а також дозволило виконувати синтез системи електропривода подачі методами, заснованими на використанні модальних характеристик систем. Проведений синтез багатоконтурної системи позиційного електропривода подачі електрода-інструмента за допомогою модального керування при подачі електрода-інструмента в режимі малих переміщень, що відповідає роботі САК при екстремальному режимі роботи об'єкта дозволив зменшити час перехідного процесу та перерегулювання до величини менше 5%.

В **четвертому** розділі на основі отриманих даних розроблені функціональні схеми та запропоновані математичні закони керування регулятора для підсистем:

- автоматичного керування швидкістю подачі при підведенні електрода-інструмента до ЕЗ при відсутності горіння дуги до моменту її запалювання. Обґрунтовано граничне значення завдання регулятора з використанням критерію χ^2 Пірсона;

- автоматична стабілізація параметрів електричної дуги в умовах стохастичного характеру у перехідному та усталеному періодах. Обґрунтована методика визначення рівня стабільності процесу дозволила кількісно оцінювати стабільність процесу в реальному часі;

- автоматичного пошуку екстремуму по продуктивності процесу розмірної обробки дугою.

Запропонована функціональна схема та алгоритм роботи підсистеми автоматичного відключення процесу РОД при досягненні заданої глибини обробки.

В **п'ятому** розділі розроблено мікропроцесорну систему автоматичного керування процесом та наведені результати випробування в реальних умовах запропонованої САК.

У **висновках** приведено формулювання розв'язаної задачі та визначено її значення для підвищення продуктивності та енергоефективності процесу розмірної обробки дугою. Наведені основні наукові та практичні результати, а також викладені рекомендації для їх застосування.

Всі розділи дисертації, розрахунки, розроблена мікропроцесорна система керування подачею електрода-інструмента та дослідження повністю відповідають поставленим в дисертаційній роботі задачам. Проведені автором наукові дослідження дають можливість удосконалити систему автоматичного керування, за допомогою якої можна підвищити продуктивність та енергоефективність процесу обробки деталі способом розмірної обробки дугою.

Недоліки та зауваження до дисертації

1. Маючи всього 2 значення (L_1 і L_2) аргумента L невідомої функції $U_d(L)$ (Рис.2.19) не можна стверджувати, що ця залежність лінійна, тим паче, що для L_2 має місце суттєвий розкид значень U_d . Якщо ж вона нелінійна, то визначення похідної $\frac{\Delta U_d}{\Delta L}$, тобто коефіцієнта K_d може значно різнитися для різних значень аргумента L . Як це вплине на якість і стійкість замкненої системи автоматичного керування (2.36) в роботі не досліджено.

2. Відносно формули (1.5) $q = k_2 I_d^a P_s^b U_d^g$ або її логарифма $\ln q = \ln k_2 + a \ln I_d + b \ln P_s + g \ln U_d$ при визначенні a, b, g по МНК з експериментальних даних у випадку сильної корельованості I_d і U_d (близької до лінійної залежності I_d від U_d) задача отримання МНК – оцінок $\hat{a}, \hat{b}, \hat{g}$ буде не коректною: малі похибки в вимірах I, P, U призведуть до необмежених похибок в МНК – оцінках $\hat{a}, \hat{b}, \hat{g}$.

3. Система рівнянь (2.36) не диференціальних, а алгебраїчних комплексної змінної P Лапласа. Якщо під P розуміти оператор $\frac{d}{dt}$, тоді все вірно, але на це слід було вказати.

4. Дозволю собі не погодитися з заявою (стор. 119), що ДПС мають "досить великий активний опір якоря двигуна, відносно низький ККД двигуна". Відносно яких двигунів зроблено такий висновок?

5. На графіках Рис. 5.3. продуктивність вказана в мм^3 , треба $\text{мм}^3 / \text{с}$. Окрім того з Рис. 5.3. не видно покращення продуктивності в запропонованій системі відносно базової (скоріш навпаки).

6. Автором недостатньо приділено уваги вибору оптимальної величини інтервалу дискретизації для запропонованої мікропроцесорної САК подачі електрода-інструмента, що також може відображається на якості та ефективності автоматизованого керування.

Відмічені зауваження не знижують якість досліджень і не впливають на головні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи.

Висновок

Дисертаційна робота Савеленка Григорія Володимировича є закінченим, логічно обґрунтованим науковим дослідженням, що містить розв'язок актуальної задачі і має високий науково-технічний рівень. Достовірність основних положень і результатів роботи експериментально та теоретично підтверджена.

Дисертація повністю відповідає паспорту спеціальності 05.13.07 – Автоматизація процесів керування, зокрема п. 2, п. 4.

Робота виконана з дотриманням вимог, які висувають до дисертаційних робіт, а здобувач Савеленко Григорій Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидати технічних наук зі спеціальності 05.13.07 – Автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент,
доцент кафедри автоматики та
електроприводу
Полтавського національного технічного
університету
імені Юрія Кондратюка,
кандидат технічних наук

В.М. Галай

Підпис к.т.н., доц. Галай В.М. засвідчую

Перший проректор – проректор
з науково-педагогічної роботи, д.т.н., доц.

Б.О. Коробко

