

3. Solero L.L. and Pomilio A. Design of multiple-input power converter for hybrid vehicles // IEEE Trans. Power Electron. – Sep. 2005. – Vol. 20, No. 5. – P. 1007–1016.

УДК 621.314

А.К. Шидловский, акад. НАН України, **В.Б. Павлов**, докт.техн. наук, **В.Е. Павленко**, **Д.А. Малахатка**

Институт электродинамики НАН України,

пр. Победы, 56, Киев-57, 03057, Украина

Моделирование и сравнительный анализ гибридных систем питания автономных электротранспортных средств

Рассмотрены вопросы энергетической эффективности комбинированных систем энергоснабжения и на основе моделирования проведен сравнительный анализ параллельной и последовательной систем при эксплуатации электромобилей в европейском городском цикле UDC, который в настоящее время применяется в Евросоюзе для оценки экономичности использования транспортных средств в городской зоне. Библи. 3, рис. 10, таблица.

Ключевые слова: электромобиль, комбинированная система, моделирование, городской цикл движения, топливная экономичность.

A.K. Shidlovskiy, V.B. Pavlov, V.E. Pavlenko, D.O. Malahatka

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Peremohy, 56, Kyiv-57, 03057, Ukraine

Modelling and comparative analysis of hybrid power systems of autonomous electric vehicles

The aspects of energy efficiency of the combined power system as well as simulation-based comparative analysis of parallel and serial systems when operating electric vehicles in city cycle UDC, that commonly used in EU for evaluation of efficiency of the use of vehicles in urban areas, were considered. References 3, figures 10, table.

Key words: electric vehicle, hybrid system, modeling, urban driving cycle, fuel economy.

Надійшла 28.02.2017

Received 28.02.2017

УДК 621.74 : 537.84

**ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
УНІВЕРСАЛЬНИХ ПЕРЕМІШУВАЧІВ РІДКОГО МЕТАЛУ**

О.І. Бондар, асп., **О.І. Глухенький**, канд. техн. наук, **Ю.М. Гориславец**, докт. техн. наук

Институт электродинамики НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна

e-mail: ugoris@ied.org.ua

Наведено результати моделювання електромагнітних і гідродинамічних процесів у системі "індуктор – рідкий метал" для універсального перемішувача рідкого металу з лінійним індуктором, який за рахунок почергового живлення одно- і багатofазним струмами спроможний створювати відповідно пульсуюче і біжуче магнітні поля. Визначено вплив основних параметрів такого перемішувача, якими є зазор між індуктором і рідким металом, число стрижнів (полюсів) та полюсне ділення індуктора, на ефективність електромагнітного перемішування рідкого металу у ванні плавильної печі. Показано, що у випадку однофазного живлення у ванні виникає двоконтурна вихрова течія рідкого металу, а при багатofазному живленні залежно від полюсного ділення та зазору може формуватися як дво-, так і одноконтурна течія. Надано рекомендації по конструктивному виконанню універсального перемішувача, який почергово створює одно- та двоконтурну течії, що дає змогу ефективно перемішувати рідкий метал у всьому об'ємі ванни печі. Библи. 5, рис. 6.

Ключові слова: електромагнітне перемішування, рідкий метал, індуктор, пульсуюче і біжуче магнітні поля, чисельне моделювання, конструктивні параметри.

У більшості плавильних печей, зокрема в печах для плавлення алюмінію, перемішування рідкого металу здійснюється переважно електромагнітним способом з застосуванням індукторів біжучого магнітного поля [5]. Відома пропозиція виконувати цю операцію за допомогою пульсуючого магнітного поля, яке створюється однофазним індуктором [2]. При розташуванні такого індуктора біля бічної стінки печі він створює в ній двоконтурну (в плані)

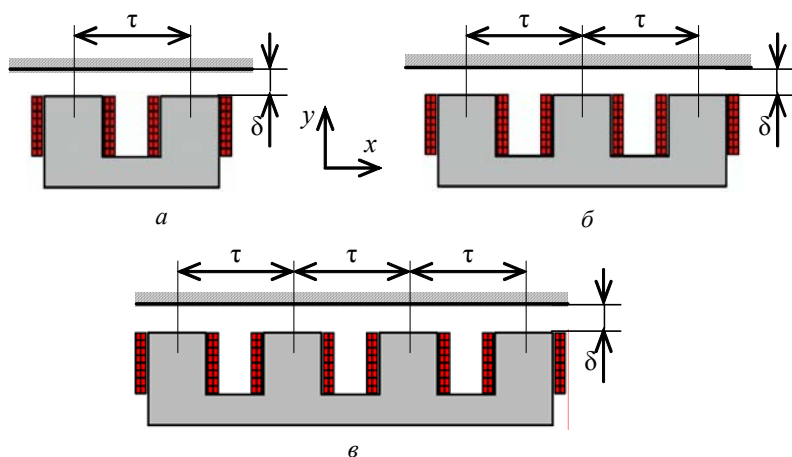


Рис. 1

рідкий метал у всьому об'ємі ванни печі. Застійні зони, що виникають в одному режимі роботи, ефективно перемішуються в іншому. Для реалізації такого способу перемішування бажано мати універсальний електромагнітний перемішувач, який спроможний окремо створювати пульсуюче і біжуче магнітні поля.

У роботах [1, 4] наведено результати дослідження деяких конструктивних рішень універсальних перемішувачів на основі лінійних індукторів, отриманих у результаті мультифізичного моделювання електромагнітних, гідродинамічних і теплових процесів у системі "індуктор – рідкий метал". Досліджувалися перемішувачі з дво- та тристрижневими індукторами, які за рахунок одно- і багатозазорного живлення створюють відповідно пульсуюче і біжуче магнітні поля. Проведені розрахунки, а також аналіз фізичних процесів, які протікають у таких системах, показують, що основними (визначальними) параметрами, котрі переважно впливають на ефективність електромагнітного перемішування металу при заданому струмовому навантаженні (заданих ампер-витках котушок індуктора) у першу чергу є зазор між індуктором і рідким металом δ , відстань між стрижнями (полюсне ділення) τ та кількість стрижнів (число полюсів). При цьому вважаються заданими (незмінними) конфігурація і об'єм рідкого металу, що знаходиться у ванні печі, а також частота струму живлення індуктора.

Метою цієї роботи є визначення впливу зазначених параметрів на ефективність електромагнітного перемішування рідкого металу в плавильній печі з універсальними перемішувачами при одно- і багатозазорному їх живленні та встановлення оптимальних конструктивних співвідношень для таких перемішувачів.

Дослідженню підлягали перемішувачі на основі індукторів, схематично представлених на рис. 1. Це дво-, три- та чотиристрижневі індуктори з котушками, розміщеними на кожному стрижні. При живленні їх однофазним струмом вони створюють пульсуюче магнітне поле, а при живленні багатозазорним (дво- або трифазним) струмом – біжуче. Слід зазначити, що у другому випадку окрім біжучого магнітного поля виникає також і пульсуюче поле.

Дослідження проводилося на основі мультифізичного моделювання зв'язаних електромагнітних і гідродинамічних процесів у системі "індуктор – рідкий метал" для відбивної печі, що плавить алюміній. Математичні моделі та методики чисельного розрахунку електромагнітної та гідродинамічної задач для такої системи представлені в роботі [2]. Оскільки задача цього дослідження полягала в оцінці ефективності та порівняльному аналізі досить великої кількості варіантів конструктивного виконання цієї системи, з метою спрощення розрахунків вони проводилися у двовимірній постановці при безіндукційному наближенні, тобто без врахування індукваного за рахунок руху рідкого металу поля.

В якості сталих величин були прийняті: об'єм рідкого металу (розплаву алюмінію), який склав $(2 \times 3 \times 0,5) \text{ м}^3$; індуктор, прилаштований до більшої бокової стінки печі, сумарні ампер-витки усіх котушок кожного індуктора склали 60 кА (амплітудне значення); частота струму живлення – 50 Гц. Змінними величинами були зазор δ і полюсне ділення τ . Решта розмірів індукторів, від яких меншою мірою залежить ефективність роботи перемішувачів, приймалися незмінними і однаковими для всіх індукторів. Їх значення були прийняті такими:

вихрову течію, яка з точки зору процесу перемішування вважається більш ефективною у порівнянні з одноконтурною течією, створеною біжучим магнітним полем.

Подальше підвищення ефективності перемішування металу у ванні печі може бути досягнуто за рахунок почергової дії пульсуючого і біжучого магнітних полів [3]. Такий спосіб перемішування призводить до почергової зміни в часі одно- і двоконтурної вихрових течій, що дає змогу більш ефективно перемішувати

довжина і ширина кожного стрижня складають 0,2 м; ширина магнітопроводу – 0,3 м; поперечний переріз кожної котушки – $(0,2 \times 0,05) \text{ м}^2$. Висота електромагнітної системи (її розмір по осі z), яка використовувалася для визначення інтегральних параметрів (електромагнітної потужності, інтегральних сил, потужності тепловиділення в рідкому металі та ін.), прийнята рівною висоті рідкого металу в печі, тобто 0,5 м.

При багатофазному живленні кути зсуву між струмами сусідніх котушок для кожного індуктора приймалися рівними 120 ел. град. (при зворотному чергуванні фазних струмів), а в однофазному режимі – 180 ел. град.

У результаті послідовного чисельного розв'язання електромагнітної і гідродинамічної задач для кожного варіанта були отримані розподіли електромагнітних сил та швидкості руху рідкого металу, а також визначені інтегральні параметри системи. Оцінка ефективності кожного варіанта проводилася за допомогою інтегральних електромагнітних сил $F_x = h_m \int_{S_m} f_x dS$ і $F_y = h_m \int_{S_m} f_y dS$, де f_x і f_y – питомі електромагнітні сили, які наводяться в рідкому металі; S_m і h_m – горизонтальний переріз і висота рідкого металу у ванні печі, а також за допомогою середньої швидкості рідкого металу $W = \frac{1}{S_m} \int_{S_m} \sqrt{u_x^2 + u_y^2} dS$. Серед електромагніт-

них сил нас будуть цікавити в першу чергу сила F_y у режимі однофазного живлення індукторів, оскільки вона створює двоконтурний вихровий рух рідкого металу, а в режимі багатофазного живлення – сила F_x , оскільки вона формує одноконтурний рух.

На рис. 2 показано залежності створеної пульсуючим магнітним полем інтегральної сили F_y , яка породжує двоконтурну вихрову течію, для трьох індукторів при однофазному живленні. Ця сила представлена залежно від полюсного ділення τ для трьох значень δ . Рис. 2 а відноситься до індуктора з двома стрижнями, рис. 2 б – з трьома і рис. 2 в – з чотирма стрижнями. Звідси видно, що при такому живленні електромагнітна сила F_y суттєво залежить від кількості стрижнів (полюсів) – зі збільшенням числа полюсів ця сила зменшується. Що стосується сили F_x , то вона при однофазному живленні у всіх випадках дорівнює нулю.

Для цих же індукторів на рис. 3 представлена інтегральна сила F_x , отримана в режимі багатофазного живлення. Цікавим моментом тут є те, що в деяких випадках (при певних значеннях зазору та кількості стрижнів) зі зміною полюсного ділення ця сила змінює свій знак, тобто змінює напрямок дії. Спочатку (при малих τ) сила F_x є від'ємною (оскільки в розрахунках прийнято зворотне чергування струмів, що живлять котушки), а потім зі збільшенням полюсного ділення вона набуває додатних значень. У випадку двострижневого індуктора для зазору $\delta = 0,1$ м крива F_x перетинає вісь абсцис при $\tau = 0,4$ м. Для $\delta = 0,2$ м це відбувається при $\tau = 0,6$ м, а для $\delta = 0,3$ м вона не змінює знак (у діапазоні розглянутих значень полюсного ділення). У випадках три- і чотиристрижневого індукторів крива F_x перетинає вісь абсцис тільки при зазорі $\delta = 0,1$ м (для обох індукторів приблизно при однаковому значенні полюсного ділення, яке складає $\tau \approx 0,45$ м).

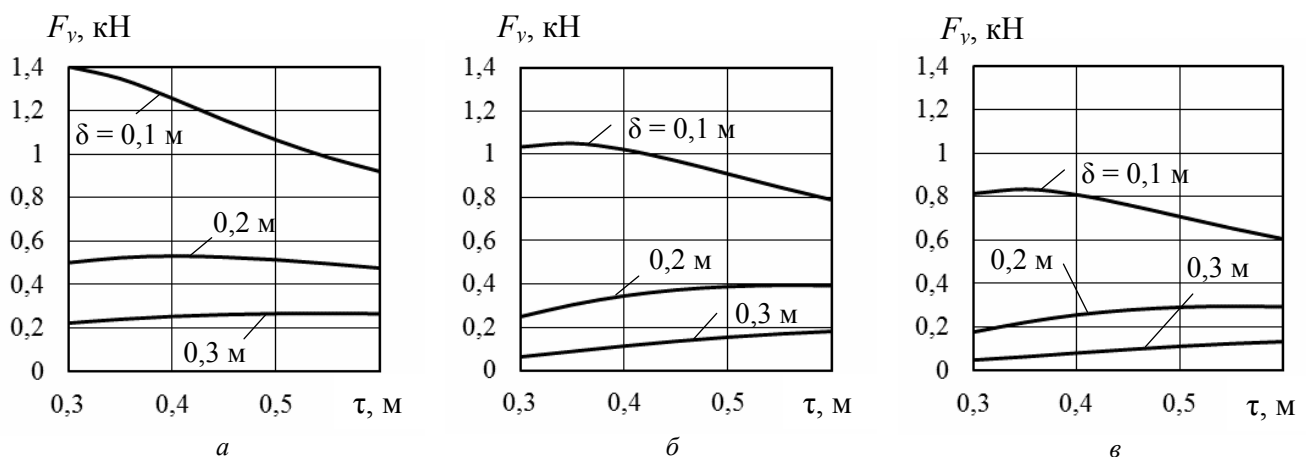
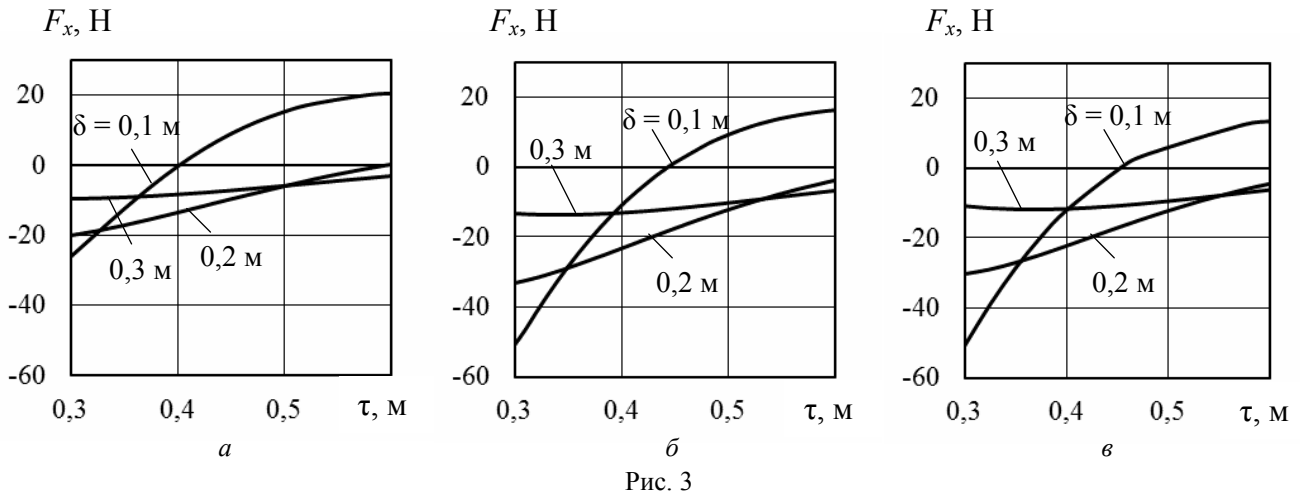
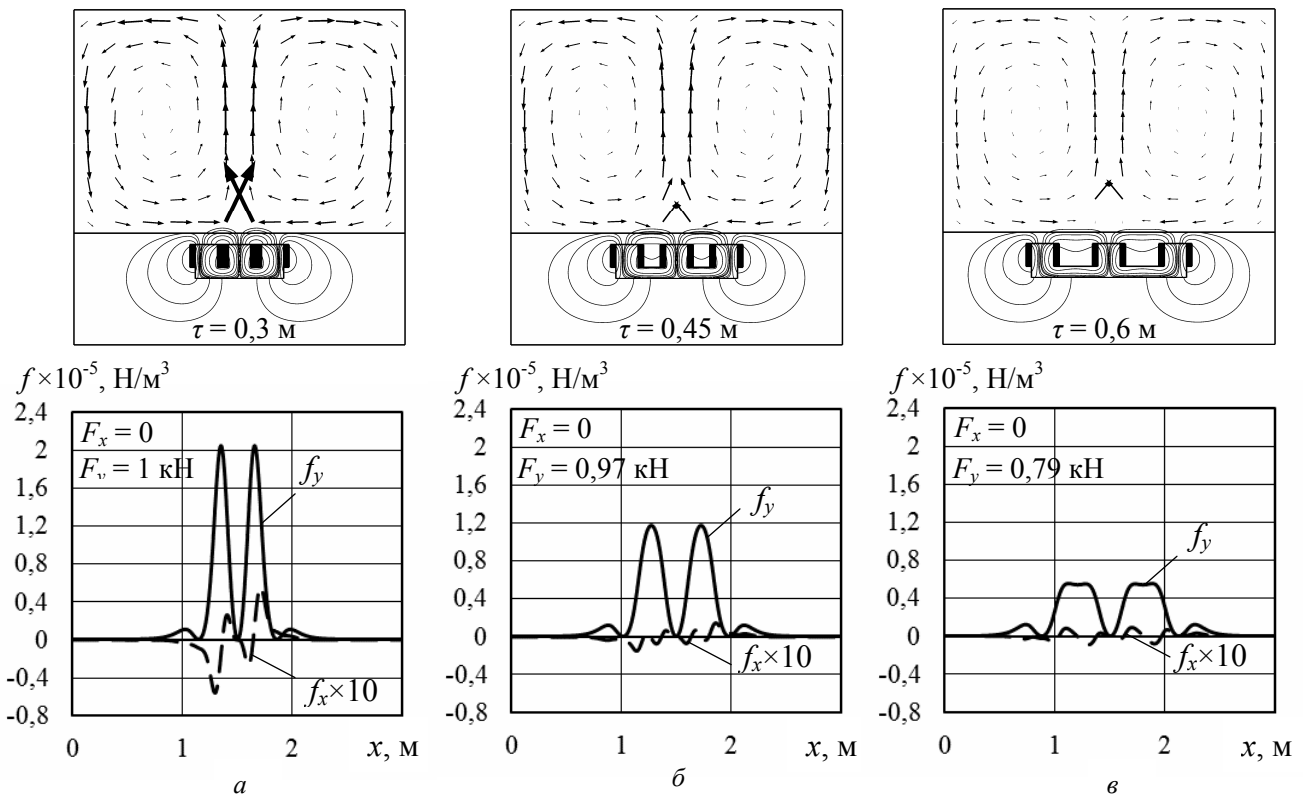


Рис. 2



Зміна напрямку дії електромагнітної сили F_x зумовлена реверсом біжучого магнітного поля, напрям руху якого залежить від розташування котушок по довжині індуктора. Аналіз показує, що у випадку близького розміщення котушок одна від одної (при малих значеннях τ), коли струми (ампер-витки) сусідніх котушок між стрижнями можна представити одним (сумарним) струмом, створюється біжуча хвиля магніторушійних сил (МРС) (її основна просторова гармоніка), яка спрямована вліво (відповідно до рис. 1). У випадку великих значень τ , коли кожний струм котушок представляється окремо, виникає також інша хвиля МРС, яка рухається у зворотному напрямку (вправо). При певних умовах (значеннях полюсного ділення і зазору) біжуче магнітне поле, створене цією МРС, може перевершити лівобіжуче поле. Зрозуміло, що в такому випадку може бути знайдено таке полюсне ділення, коли ці поля взаємно компенсують одне одне, призводячи до зникнення результуючого біжучого магнітного поля, а отже і сили F_x .

Отримані в результаті розв'язання електромагнітної задачі сили були використані при моделюванні гідродинамічних процесів у ванні печі. Для кожного режиму одержано параметри руху рідкого металу. При цьому було показано, що в режимі живлення індукторів одно-



фазним струмом всі вони створюють двоконтурну вихрову течію рідкого металу, інтенсивність якої залежить від величини полюсного ділення індуктора τ та зазору δ . Що стосується багатofазного живлення, то було встановлено, що зі зміною полюсного ділення може змінюватися не тільки інтенсивність вихрового руху рідкого металу, але і структура самої течії. У деяких випадках зі збільшенням τ одноконтурна течія спочатку трансформується у двоконтурну, а далі вона знову переходить у одноконтурну, але вже зворотного напрямку. Таким чином, зміна полюсного ділення універсального індуктора при багатofазному живленні за рахунок реверсу біжучого магнітного поля призводить до реверсу одноконтурного руху рідкого металу у ванні печі.

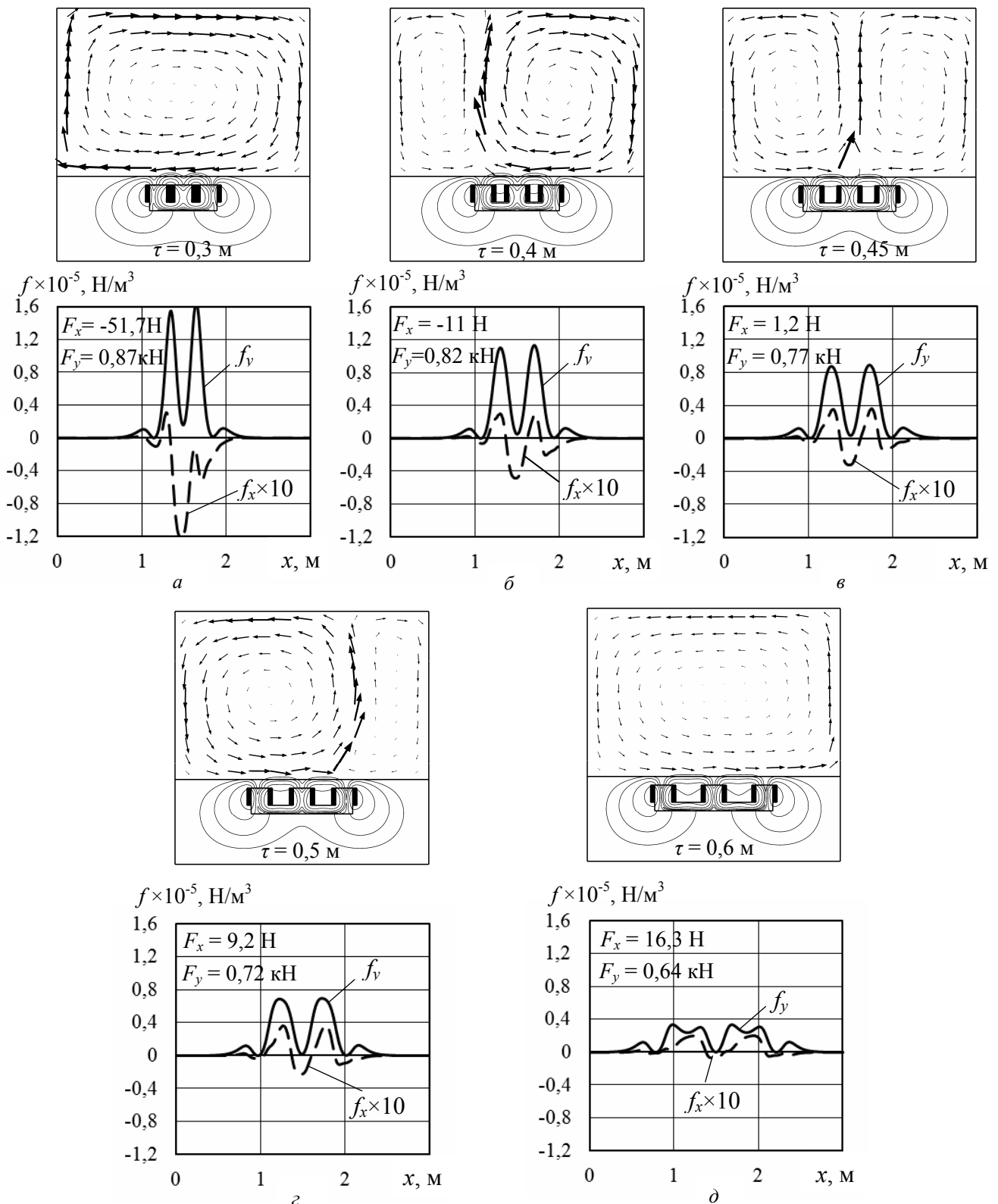


Рис. 5

На рис. 4 і 5, як приклад, для тристрижневого індуктора представлено розподіли швидкості рідкого металу у ванні для різних значень полюсного ділення при $\delta = 0,1$ м, а також наведено розподіли питомих електромагнітних сил f на стінці ванни печі, до якої прилаштовано індуктор. Дані рис. 4 отримані в режимі однофазного живлення індуктора, а рис. 5 – при багатофазному живленні. Звідси видно, що у першому випадку індуктор створює двоконтурну структуру вихрової течії при всіх значеннях полюсного ділення. Проте в режимі багатофазного живлення, при якому виникають як біжуче, так і пульсуюче магнітні поля, із збільшенням τ одноконтурна течія, яка створюється біжучим полем, змінює свій напрямок руху на зворотний.

На цих же рисунках для кожного випадку (кожного τ) наведені також значення інтегральних сил F_x і F_y . Певна річ, що в режимі однофазного живлення сила F_x дорівнює нулю і біжуче поле відсутнє (рис. 4). А ось у режимі багатофазного живлення ця сила, як відзначалось, з ростом полюсного ділення змінюється від від'ємного значення до додатного. З рис. 5 *a* видно, що при $\tau = 0,3$ м переважає дія біжучого магнітного поля, яка створює одноконтурну течію рідкого металу. Із збільшенням полюсного ділення дія цього поля зменшується. За рахунок пульсуючого магнітного поля починає зароджуватися двоконтурна структура течії, яка при $\tau = 0,45$ м набуває симетричної форми, тобто утворюється два однакових вихори (рис. 5 *в*). При цьому значенні полюсного ділення інтегральна сила F_x приблизно дорівнює нулю, що вказує на відсутність у цьому випадку біжучого магнітного поля. З подальшим збільшенням τ електромагнітна сила F_x змінює свій знак, при цьому течія рідкого металу перебудовується і, зрештою, при $\tau = 0,6$ м набуває одноконтурної форми зі зворотним напрямком руху (рис. 5 *д*). Все це підтверджує те, що зміна (збільшення) полюсного ділення індуктора призводить до реверсу біжучого магнітного поля, який в свою чергу призводить до реверсу одноконтурного вихрового руху рідкого металу.

Ефективність перемішування рідкого металу в цій роботі оцінювалася за допомогою середньої швидкості металу W у ванні печі. На рис. 6 для всіх трьох індукторів вона представлена залежно від полюсного ділення для трьох значень зазору в режимах багатофазного (суцільні криві) і однофазного (штрихові криві) живлення. Тут, як і раніше, рис. 6 *a* відноситься до індуктора з двома стрижнями, рис. 6 *б* – з трьома і рис. 6 *в* – з чотирма стрижнями. Ділянки суцільних кривих, позначених на цих рисунках точками, означають, що у випадках багатофазного живлення течія рідкого металу набуває двоконтурної (як симетричної, так і несиметричної) форми. Певна річ, що ці ділянки не можуть бути використані для реалізації зазначеного способу перемішування рідкого металу (за рахунок почергової зміни в часі однієї двоконтурної вихрової течії), оскільки і однофазне, і багатофазне живлення призводять до виникнення двоконтурної течії.

Виходячи з цього рисунка, необхідно зазначити, що найбільші значення швидкості W при однофазному живленні забезпечує двострижневий індуктор. Із збільшенням числа стрижнів ця швидкість зменшується. Вплив полюсного ділення на швидкість W залежить від величини зазору. При відносно малих зазорах (при $\delta = 0,1$ м) вона суттєво залежить від τ . Оп-

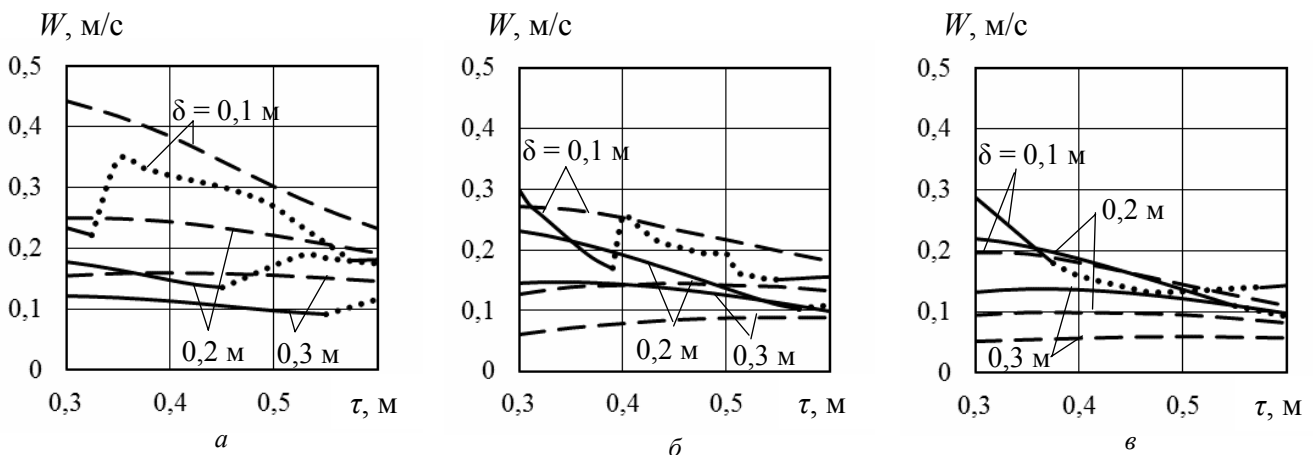


Рис. 6

тимальне значення полюсного ділення, яке забезпечує максимальну швидкість, у цьому випадку складає $\tau = 0,3$ м для всіх індукторів. При збільшенні зазору δ вплив τ на швидкість металу W зменшується.

У режимі багатофазного живлення, якщо виключити з розгляду значення τ , за яких виникає двоконтурний рух рідкого металу (на рис. 6 ділянки кривих для таких τ , як зазначалося, позначені точками), максимальні значення середньої швидкості для всіх трьох індукторів (при всіх зазорах) забезпечуються при мінімальному полюсному діленні, яке складає 0,3 м. Якщо порівняти ці індуктори між собою, то необхідно зазначити, що в цьому режимі живлення число стрижнів (полюсів) меншою мірою впливає на швидкість W у порівнянні з однофазним живленням. Таке порівняння показує, що три- і чотиристрижневий індуктори при багатофазному живленні забезпечують приблизно однакові значення цієї швидкості при усіх розглянутих зазорах і полюсних діленнях. Дещо меншу швидкість дає двострижневий індуктор.

Маючи такі дані, для прийнятого (заданого) зазору між індуктором і рідким металом δ , який визначається конструктивними особливостями тієї чи іншої печі, можна рекомендувати оптимальні (раціональні) значення числа полюсів і полюсного ділення універсального перемішувача, які забезпечують максимальну ефективність перемішування рідкого металу в обох режимах роботи. Якщо виходити з умови забезпечення приблизно однакової швидкості металу в режимах одно- і багатофазного живлення, то, виходячи з рис. 6, перевагу слід надати тристрижневому індуктору. У випадку, коли є необхідність або можливість допустити більшу швидкість перемішування в режимі двоконтурного руху металу в порівнянні з одноконтурним рухом, можна рекомендувати для використання двострижневий індуктор.

Висновок. Серед розглянутих конструктивних рішень універсальних індукторів, які можна використати як електромагнітні системи для почергового впливу на рідкий метал пульсуючого і біжучого магнітних полів з метою його перемішування у ванні плавильної печі, найбільш ефективними слід вважати дво- та тристрижневі індуктори. Полюсне ділення для них при прийнятих вихідних даних має бути на рівні 0,3 м.

1. Бондар О.І., Глухенький О.І., Гориславець Ю.М. Моделирование физических процессов у пічному агрегаті з електромагнітним перемішуванням рідкого металу // Техн. електродинаміка. – 2016. – № 4. – С. 92–94.
2. Дубоделов В.И., Фиксен В.Н., Глухенький А.И., Гориславец Ю.М. МГД перемешиватели алюминиевых сплавов с пульсирующим магнитным полем // Техн. електродинаміка. – 2009. – № 1. – С. 61–66.
3. Патент 89970 Україна, МПК F27D 27/00. Спосіб електромагнітного перемішування рідкого металу / Ю.М. Гориславець, О.І. Глухенький, В.Ю. Максименко, А.В. Токаревський; Власник Інститут електродинаміки НАН України. – № u291313053; Заявл. 11.11.2013; Опубл. 12.05.2014. – Бюл. № 9.
4. Dubodelov V.I., Gorislavets Yu.M., Glukhenkyi A.I., Fiksen V.M. Electromagnetic stirrer of liquid metal with alternate action of traveling and pulsating magnetic fields // Proceedings of the 8-th International Conference on Electromagnetic Processing of Materials EPM 2015. – October 12-16, 2015. – Cannes, France. – P. 605–608.
5. Non ferrous casting. – Equipment MHD Technology. Riga: Krāsainie lējumi, 2004.

УДК 621.74 : 537.84

А.И. Бондар, асп., А.И. Глухенький, канд. техн. наук, Ю.М. Гориславец, докт. техн. наук
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина

Определение основных конструктивных параметров универсальных перемешивателей жидкого металла
Приведены результаты моделирования электромагнитных и гидродинамических процессов в системе "индуктор – жидкий металл" для универсального перемешивателя жидкого металла с линейным индуктором, который за счет поочередного питания одно- и многофазными токами способен создавать соответственно пульсирующее и бегущее магнитные поля. Определено влияние основных параметров такого перемешивателя, которыми являются зазор между индуктором и жидким металлом, число стержней (полюсов) и полюсное деление индуктора, на эффективность электромагнитного перемешивания жидкого металла в ванне плавильной печи. Показано, что в случае однофазного питания в ванне возникает двухконтурное вихревое течение жидкого металла, а при многофазном питании в зависимости от полюсного деления и зазора может формироваться как двухконтурное, так и одноконтурное течение. Даны рекомендации по конструктивному исполнению универсального перемешивателя, который за счет поочередного создания одно- и двухконтурного течения позволяет эффективно перемешивать жидкий металл во всем объеме ванны печи. Библ. 5, рис. 6.

Ключевые слова: электромагнитное перемешивание, жидкий металл, индуктор, пульсирующее и бегущее магнитные поля, численное моделирование, конструктивные параметры.

O.I. Bondar, O.I. Glukhenkyi, Yu.M. Goryslavets

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv, 03057, Ukraine

Determining of basic structural parameters of universal stirrers of liquid metal

Modelling results of electromagnetic and hydrodynamic processes in system “inductor - liquid metal” for universal stirrer of liquid metal with linear inductor, which due to the sequential action of single phase and multiphase power supply can create pulsed and traveling magnetic fields respectively, are presented. Influence of basic parameters of such stirrer, that are gap between inductor and liquid metal, number of cores (poles) and inductor pole division, on the efficiency of electromagnetic stirring of liquid metal in melting furnace bath have been determined. There is dual circuit flow of liquid metal in the case of single phase power supply. And depending on pole division and air gap a single circuit flow like also the dual circuit flow can be created in the case of multiphase power supply. Recommendations on structural implementation of universal stirrer, which sequentially creates single circuit and double circuit flows, that allow effectively stir liquid metal in all volume of furnace bath, have been provided. References 5, figures 6.

Key words: electromagnetic stirring, liquid metal, inductor, pulsed and traveling magnetic fields, numerical modelling, structural parameters.

Надійшла 14.03.2017

Received 14.03.2017

УДК 621.791.76, 621.791.036, 621.7-52

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ОДНОФАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МАШИН КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

С.К. Поднебенная, канд. техн. наук, **В.В. Бурлака**, канд. техн. наук, **С.В. Гулаков**, докт. техн. наук

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»,

ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87500, Украина

e-mail: podsvet@gmail.com

Рассмотрены: повышение $\cos\varphi$ источников питания однофазных машин контактной сварки за счет снижения потребления реактивной мощности; недостатки тиристорных источников питания и их обусловившие факторы; применение транзисторного источника питания, обеспечивающего возможность управления током в течение периода сети. Это позволяет регулировать как потребляемую источником активную мощность, определяемую технологическим процессом, так и реактивную. Показано, что рассмотренный источник может работать в режиме генерации реактивной мощности, что позволяет использовать его для компенсации последней при работе в комплексе с существующими тиристорными источниками питания. Библи. 11, рис. 8, таблица.

Ключевые слова: машина контактной сварки, источник питания, коэффициент мощности.

Введение. Контактная точечная сварка широко используется на предприятиях машиностроительной отрасли. При этом наиболее применимы машины контактной сварки, которые получают питание от однофазных источников переменного тока, включаемых на линейное напряжение. Активно-индуктивный характер сварочной цепи связан с высоким уровнем потребления реактивной мощности, что объясняется низким коэффициентом мощности (КМ), который является интегральным показателем энергоэффективности таких источников питания (ИП). Кроме того, наличие тиристорных коммутаторов, обеспечивающих регулирование сварочного тока, приводит к насыщению спектра потребляемого от сети тока высшими гармониками, что также снижает КМ. Увеличение КМ в условиях современного промышленного производства является актуальной задачей, а повышение энергоэффективности источников питания – одним из приоритетных научных направлений.

Постановка проблемы. Коэффициент мощности ИП машин контактной сварки (МКС) в соответствии с данными [4] находится в диапазоне 0,3...0,7. С учетом того, что для машиностроительного предприятия электросварочное оборудование составляет порядка 65 % всех электроприемников [2], необходимость компенсации реактивной мощности обусловлена также экономическими соображениями.