

УДК 681.53: 621.746

**СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ РІВНЯ РІДКОГО МЕТАЛУ
В УСТАНОВЦІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛЕВИХ ГРАНУЛ**

О.І.Глухенький, канд.техн.наук, **Ю.М.Гориславець**, докт.техн.наук, **В.Є. Павленко**,
В.Б.Павлов, докт.техн.наук, **А.В.Токаревський**, **Ю.П.Тугаснюк**
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна. e-mail: ugoris@ied.org.ua

Для діючої установки для виробництва металевих гранул з метою зменшення дисперсії гранул розроблено та досліджено систему стабілізації рівня рідкого металу над насадком електромагнітного дозатора. Стабілізацію запропоновано здійснювати шляхом підтримання в процесі роботи незмінною витрати рідкометалевого насоса магнітодинамічного типу, що входить до складу установки. Експериментально досліджено можливості керування витратою насоса за рахунок зміни модуля та фазового кута струму котушки електромагніту насоса. Виходячи з встановлених переваг фазового керування, розроблено напівпровідниковий фазорегулятор для живлення електромагніта насоса, а також розроблено систему автоматичного керування насосом з електромагнітним давачем швидкості рідкого металу. Працездатність системи та можливість стабілізації рівня металу за рахунок підтримання незмінною витрати рідкометалевого насоса підтверджено експериментально. Бібл. 6, рис. 8.

Ключові слова: металеві гранули, дисперсія, стабілізація рівня рідкого металу, магнітодинамічний насос, напівпровідниковий фазорегулятор, автоматична система керування.

Значний попит на металеві гранули монодисперсного складу викликав необхідність створення електромагнітних дозаторів, що реалізують вимушений капілярний розпад циліндричних струменів рідкого металу. В Інституті електродинаміки НАН України на базі одного з таких дозаторів розроблено комбіновану установку для виробництва свинцевих гранул (дробу) [5], яка поєднує в собі процеси плавлення металу за допомогою індукційної каналної печі, стабілізацію рівня рідкого металу в процесі роботи з використанням рідкометалевого насоса, керований розпад струменів розплаву і формування круглих металевих частинок заданого розміру за допомогою електромагнітного дозатора та кристалізацію останніх у водяних плівках.

Однією із необхідних умов отримання рівних за розміром металевих частинок у цій установці є підтримання (стабілізація) на заданому рівні швидкості струменя рідкого металу. При вільному витіканні його з каналу дозатора (у відсутності постійної складової електромагнітного тиску) величина цієї швидкості однозначно визначається гідростатичним напором, тобто висотою рідкого металу над насадком (фільтрою), що формує рідкометалевий струмінь. Підтримання стабільного рівня металу в зазначеній установці досягається за допомогою рідкометалевого насоса, який постійно з переливом через гідравлічну засувку (рухому перегородку) перекачує метал із плавильного (завантажувального) відсіку (ванни печі) до відсіку (ванни) дозатора. Крім того за рахунок створеного насосом руху рідкого металу здійснюється передача тепла, що виділяється в каналі печі, до відсіків печі і дозатора, де воно використовується для плавлення металу та підтримання необхідної температури розплаву.

На рис. 1 схематично показано фрагмент установки для виробництва (лиття) свинцевих гранул, який включає в себе індукційну каналну піч і рідкометалевий насос, де позначено: 1 – канал печі, 2 – ванна печі, 3 – котушка індуктора печі, 4 – магнітопровід індуктора печі, 5 – канал насоса, 6 – котушка електромагніта насоса, 7 – осердя електромагніта, 8 –

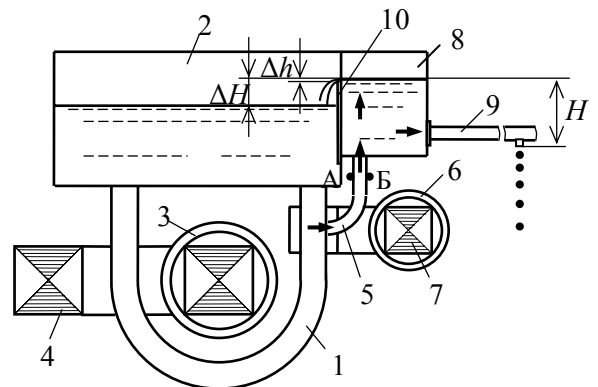


Рис. 1

ванна електромагнітного дозатора, 9 – канал дозатора, 10 – перегородка.

Рідкометалевий насос у цій установці – це відомий магнітодинамічний насос [3], в якому використовується взаємодія електричного струму, що наводиться в каналі печі, з магнітним полем електромагніту. Цей насос є фазочутливим. Його напір залежить від сили струму в каналі печі (який наводиться індуктором печі), індукції магнітного поля в зазорі електромагніту (яке створюється котушкою електромагніту), а також фазового кута зсуву між ними, який приблизно дорівнює куту φ_I між струмами в котушках насоса I_n і печі I_p . Максимальний напір у цьому насосі досягається при $\varphi_I \approx 0$. Оскільки струм печі I_p діючої установки (згідно з експериментальними даними) відстає від живлячої напруги U_n приблизно на 27 ел. град., а струм насоса I_n відстає від своєї напруги U_n на ~83 ел. град., максимальний напір насоса можна отримати при живленні індуктора печі і котушки електромагніту від сусідніх фазних напруг трифазної електричної мережі при “вивернутій” котушці електромагніту. Таке живлення приблизно забезпечує умову $\varphi_I = 0$ (точне значення кута φ_I для діючої установки при такому живленні складає 4 ел. град.).

Що стосується струмів I_p і I_n , то вони вибираються наступним чином. Оскільки струм печі I_p визначає плавильну продуктивність печі, його значення підбирається таким, щоб забезпечити необхідну температуру розплаву в печі при заданій продуктивності електромагнітного дозатора, яка може змінюватися в діапазоні 150...300 кг/год в залежності від розміру металевих гранул. У свою чергу, значення струму насоса I_n вибирається таким чином, щоб при змінах рівня металу в ванні печі в процесі роботи (внаслідок періодичного порційного завантаження твердого металу в ванну печі при постійній витраті розплавленого металу через канал дозатора) насос забезпечував безперервне переливання металу через перегородку з ванни дозатора до плавильної ванни печі. За рахунок такої дії насоса забезпечується приблизно постійний рівень рідкого металу H у ванні дозатора відносно насадки дозатора (рис. 1). Таким чином, у процесі роботи установки струми I_p і I_n для кожного режиму (кожного розміру частинок) залишаються незмінними.

Описаний режим роботи є характерним для діючої установки для виробництва свинцевих гранул [5]. Оскільки за таким режимом рідкометалевий насос працює при постійних значеннях I_p , I_n і φ_I , а навантаження насоса за рахунок постійної зміни перепаду рівнів металу ΔH змінюється у часі, то це призводить до зміни видачі (продуктивності) насоса. Це означає, що швидкість і товщина Δh плоскої течії перетікання рідкого металу над перегородкою також змінюється з часом, змінюючи таким чином (хоч і в невеликих межах) гідростатичний тиск над насадком дозатора, через який витікає струмінь рідкого металу. Як показує досвід експлуатації установки, величина Δh може змінюватися на декілька міліметрів (до 5 мм). У деяких випадках це може призвести до відчутної зміни швидкості струменя, а отже маси і розміру частинок, на які він розпадається під дією електромагнітних сил дозатора.

При виробництві невеликих за розміром гранул достатня продуктивність установки досягається при відносно високих частотах дозування (до 400 Гц), яким відповідає відносно великий рівень металу над насадком H (він становить 100 ... 200 мм). Зміна з часом товщини течії Δh на декілька міліметрів при цьому практично не впливає на розмір частинок. Виробництво ж відносно великих за розміром гранул (більше 4 мм в діаметрі) здійснюється при більш низьких частотах, коли необхідна величина H може складати приблизно 20...30 мм. Коливання Δh у цьому випадку навіть на декілька міліметрів може суттєво позначатися на швидкості витікання струменя рідкого металу, а отже і на розмірі і масі частинок, що утворюються в результаті регулярного розпаду струменя. Так, наприклад, при отриманні свинцевих гранул діаметром 5 мм, які можуть використовуватися зокрема як вихідна сировина для виробництва іскроерозійних мікро- та нанопорошків [6], гранична межа по частоті, виходячи з максимальної продуктивності установки 300 кг/год, складає близько 100 Гц, і значення висоти металу над насадком H повинно бути біля 28 мм [2]. Змінення у цьому випадку Δh всього на 5 мм призводить до зміни швидкості струменя та, відповідно, маси частинок на 9 %, а розміру (діаметру) частинок на 3 %.

Суттєве зменшення дисперсії металевих частинок може бути досягнуто за рахунок стабілізації товщини течії Δh над перегородкою. Зазначену стабілізацію пропонується реалізувати шляхом підтримання на заданому рівні витрати рідкометалевого насоса в процесі роботи установки. Особливістю запропонованого підходу є те, що стабілізація рівня рідкого металу в установці забезпечується не прямо [1] (з використанням традиційних датчиків рівня різного типу), а опосередковано шляхом стабілізації витрати насоса, яка може контролюватися за допомогою датчика швидкості рідкого металу в каналі насоса. Перевагами такого рішення є технологічні зручності ведення процесів приготування розплаву та його дозування, оскільки датчик швидкості монтується стаціонарно (не потребує

додаткового налаштування при переході від одного робочого рівня H до іншого) та не заважає обслуговуванню установки в процесі експлуатації.

Мета цієї роботи – розроблення та дослідження системи стабілізації рівня рідкого металу в установці для виробництва свинцевих гранул шляхом підтримання незмінної витрати (продуктивності) рідкометалевого насоса магнітодинамічного типу. При заданій продуктивності дозатора це забезпечує стабільне (рівномірне) перетікання металу через гідравлічну перегородку, а отже і стабільний гідростатичний тиск над насадком дозатора.

Стабілізувати витрату зазначеного насоса при зміні його навантаження можна за рахунок керування (регулювання) струму котушки електромагніту I_n як за модулем, так і за його фазовим кутом φ_I відносно струму I_p .

З метою визначення технічних можливостей керування продуктивністю насоса були проведені експериментальні дослідження його у складі діючої установки. Дослідження проводилися без витрати металу через дозатор та перетікання його через перегородку (при нульовій витраті насоса, тобто при гідравлічному холостому ході). Напір в цьому випадку визначався за перепадом (різницею) рівнів (висот) ΔH рідкого металу по обидві сторони перегородки. Досліджувалися залежності цього перепаду від струмів насоса I_n , печі I_p , а також кута між ними φ_I .

На рис. 2 показано кілька отриманих таким чином кривих у вигляді залежностей ΔH (в міліметрах гідростатичного стовпа рідкого свинцю) від струму в котушці насоса I_n для різних значень струму в печі I_p при фазовому куті $\varphi_I \approx 0$. Регулювання струмами здійснювалося за допомогою двох незалежних автотрансформаторів. Як видно, у відсутності живлення насоса ($I_n = 0$) він здатний створювати напір, який залежить від струму печі I_p . Це зумовлено тим, що створений ним тиск є результатом взаємодії струму в каналі печі як з магнітним полем електромагніту (наведеним струмом I_n), так і з власним магнітним полем (наведеним струмом I_p). Така особливість цього насоса приводить до того, що для керування напором в межах від нуля до максимального значення струму насоса I_n повинен змінюватися від певного від'ємного значення до максимально можливого позитивного значення.

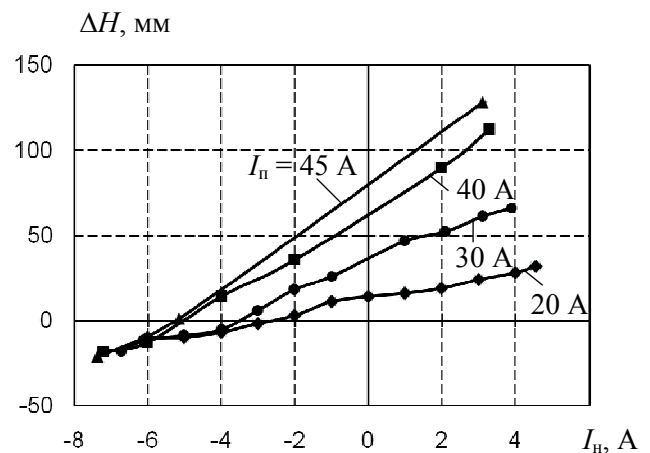


Рис. 2

Інша можливість керування продуктивністю рідкометалевого насоса показана на рис. 3. Тут наведено отримані також експериментально залежності напором ΔH від фазового кута φ_I при $I_n \approx \text{const}$ для різних значень струму печі I_p . Живлення насоса в цьому випадку здійснювалося від електромашинного фазорегулятора, а печі, як і раніше, – від автотрансформатора. Як і слід було очікувати, максимальний напір в цьому насосі виникає при $\varphi_I = 0$. Збільшення цього кута (від нуля) призводить до зменшення тиску. Досягнувши значення 90 ел. град., за яким відсутня взаємодія струму в каналі печі з магнітним полем електромагніту, насос продовжує качати метал у тому самому напрямку за рахунок взаємодії струму в каналі печі з власним магнітним полем. І тільки коли цей кут досягне приблизно 120 ел. град., напір насоса стає рівним нулю. Подальше збільшення кута φ_I призводить до реверсу насоса, тобто до створення від'єм-

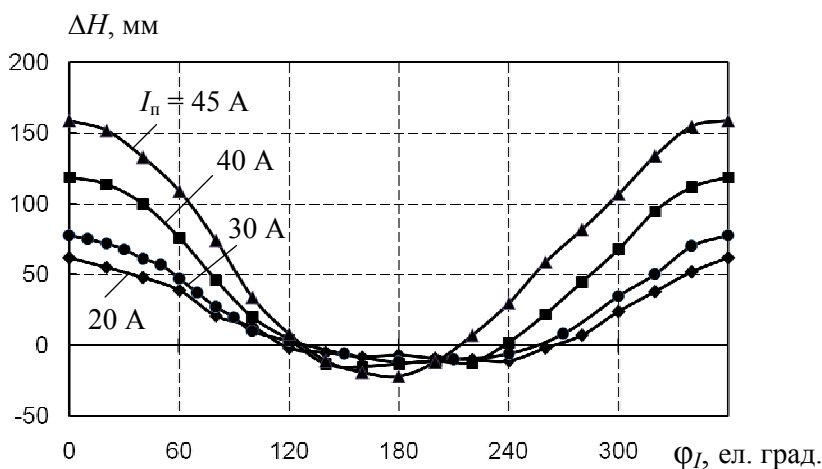


Рис. 3

рівним нулю. Подальше збільшення кута φ_I призводить до реверсу насоса, тобто до створення від'єм-

ного напору. Насос починає качати метал у зворотному напрямі, досягаючи максимального значення напору приблизно при $\varphi_I = 180$ ел. град. Таким чином, згідно з рис. 3, для того, щоб мати змогу змінювати напір насоса від нуля до максимального значення, необхідно регулювати фазовий кут φ_I у діапазоні від ~ 120 ел. град. до нуля або в діапазоні від ~ 240 ел. град. до 360 ел. град.

Порівнюючи між собою наведені вище два варіанти керування рідкометалевого насоса, необхідно зазначити, що керування напором за силою (модулем) струму I_H (рис. 2) у випадку використання насоса як виконавчого органу системи автоматичного керування є більш складним у реалізації, тому що потребує постійного моніторингу цього струму за знаком для того, щоб знати в який бік потрібно змінювати його значення у тому чи іншому випадку. З огляду на це було запропоновано використати спосіб керування за рахунок зміни фазового кута струму живлення насоса без зміни його модуля (рис. 3).

З цією метою для живлення електромагніту насоса було розроблено напівпровідниковий фазорегулятор, принципову схему силової частини якого показано на рис. 4, де представлено схему живлення індукційної каналної печі та електромагніта рідкометалевого насоса (системи П-Н) установки для виробництва металевих гранул. Живлення печі тут здійснюється від тиристорного регулятора напруги типу РОТ-63, силова частина якого на схемі представлена тиристорами $TS1$ та $TS2$. При такому живленні струми як насоса, так і печі є несинусоїдними.

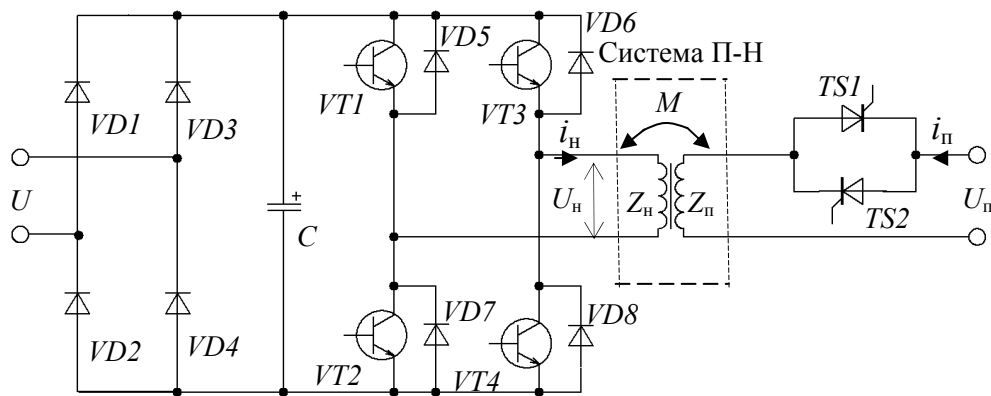


Рис. 4

Силова частина фазорегулятора складається з вхідного випрямляча (діоди $VD1 - VD4$), ємнісного фільтра (C) і транзисторного інвертора ($VT1 - VT4$). Система керування (на рисунку не показана) здійснює комутацію транзисторів $VT1 - VT4$. Вона формує сигнал керування, що має змогу зсуватися по фазі в межах 140 ел. град. по відношенню до фази опорної напруги. За рахунок цього на виході фазорегулятора утворюється напруга живлення насоса U_H прямокутної форми, яка здатна зсуватися у часі в тих самих еквівалентних межах.

Дослідження розробленого фазорегулятора проводилося шляхом імітаційного моделювання його в програмному середовищі Matlab/Simulink. Моделювання виконувалося для всієї системи живлення печі і насоса, що представлена на рис. 4. Параметри електромагнітної системи, а саме – повні опори насоса Z_H , і печі $Z_П$, а також коефіцієнт взаємоіндукції M – визначалися експериментально на діючій установці. При моделюванні ключі фазорегулятора та тиристорного регулятора вважалися ідеальними. Напруги живлення насоса і печі приймалися відповідно $U=165$ В і $U_П=220$ В. Діюче значення струму печі $I_П$ змінювалося за допомогою імпульсно-фазового керування тиристорів. Напруга на насосі U_H залишалася незмінною (за модулем), проте її фазовий кут φ_U по відношенню до напруги джерела живлення печі $U_П$ змінювався у діапазоні від нуля до 360 ел. град.

На рис. 5 представлено результати цього моделювання у вигляді залежностей діючого значення струму в котушці електромагніта I_H та постійної складової електромагнітного тиску $\bar{p}_{ем}$, що створює рідкометалевий насос, від кута φ_U . Тиск $\bar{p}_{ем}$ на цьому рисунку представлено в міліметрах гідростатичного стовпа рідкого свинцю. Моделювання виконувалося при діючому значенні струму печі $I_П = 30$ А. Враховуючи несинусоїдність струмів, постійна складова електромагнітного тиску визначалася як середнє значення електромагнітного тиску за період, миттєві значення якого розраховувалися у відповідності до виразу [5]

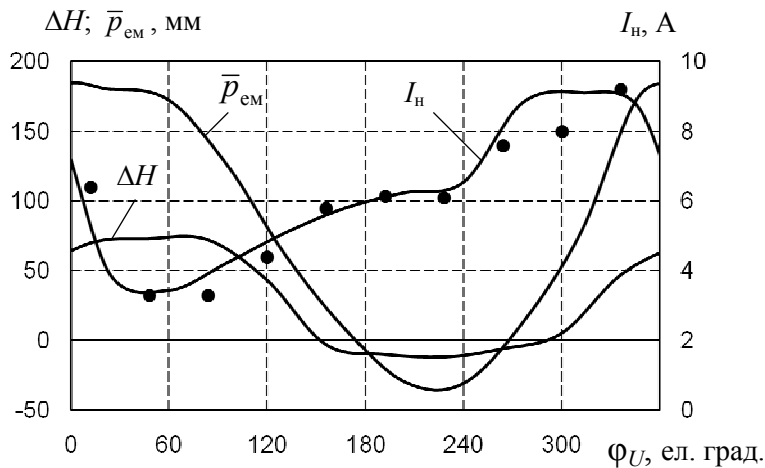


Рис. 5

відсутності перетікання металу через перегородку. Варто звернути увагу на досить хороший збіг розрахованих і експериментальних значень струму насоса. Що стосується електромагнітного тиску \bar{p}_{em} і напору ΔH , то очікувати на близький збіг цих величин між собою не слід, оскільки реальний тиск ΔH , який може бути розрахований на основі розв'язання гідродинамічної задачі, є завжди менший за “теоретичний” електромагнітний тиск, розрахований за відсутності руху рідкого металу. Тут важливо те, що ці залежності якісно непогано корелюють між собою.

Аналізуючи отриману залежність напору насоса ΔH від кута φ_U , необхідно зазначити, що існують два можливі діапазони фазового керування напору насоса (від нуля до максимального значення). Один з них знаходиться у межах від 150 до 80 ел. град., інший – від 290 (-70) до 20 ел. град. Порівнюючи їх між собою, перевагу доцільно надати першому діапазону, оскільки у ньому значення струму в котушці насоса I_n та напруги на транзисторах VT1 – VT4 (див. рис. 4) будуть менші. В цьому випадку, виходячи з допустимого діапазону зміни фазового кута (140 ел. град.), в системі керування за опорну необхідно брати напругу, що протилежна по фазі напрузі джерела живлення індуктора печі.

На основі проведених досліджень запропоновано систему автоматичного керування (стабілізації) швидкості (витрати) рідкого металу в каналі насоса, функціональну схему якої показано на рис. 6.

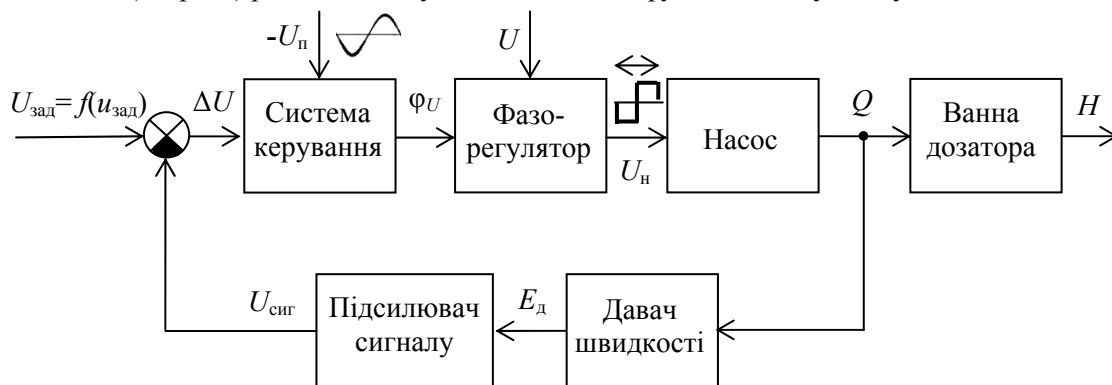


Рис. 6

Давачем швидкості цієї системи є кондукційний електромагнітний витратомір [4], принципова схема якого представлена на рис. 7. Він монтується на каналі насоса (поз. 5 на рис. 1), що представляє собою електропровідну круглу трубу, виготовлену з немагнітної сталі. На боковій поверхні цієї труби (зовні) закріплено два електроди (в точках А і Б на рис. 1). Ділянка каналу з електродами знаходиться в поперечному магнітному полі, створеному С-подібною магнітною системою, яка складається із двох постійних магнітів, що з'єднані між собою феромагнітним осердям (ярмом). Проміжок між магнітами (полюсами) давача складає 25 мм. При русі рідкого металу в магнітному полі на електродах

$$p_{em} = \frac{\mu_0 (i_n w_n)^2}{2\Delta b} + \frac{\mu_0 (i_n w_n)(i_n w_n)}{\Delta b},$$

де i_n, i_n – миттєві значення струмів у котушках індуктора печі та насоса, w_n, w_n – відповідно кількість їхніх витків, b – ширина проміжку електромагніту насоса, Δ – ширина каналу печі у цьому проміжку.

На цьому рисунку показано також експериментальні дані, отримані на діючій установці при живленні насоса від розробленого фазо-регулятора. Точками тут позначено експериментальні діючі значення струму насоса I_n , а суцільною лінією – напір ΔH (в міліметрах стовпа рідкого свинцю), який створює насос за

давача з'являється сигнал (наводиться постійна ЕРС E_d), пропорційний витраті (середній у поперечному перерізі каналу швидкості металу u).

Було встановлено, що величина цього сигналу в умовах стабільного перетікання рідкого металу над перегородкою зі швидкістю, яку здатний забезпечити насос установки, знаходиться в діапазоні (0,2...0,8) мВ. Цей сигнал далі підсилюється за допомогою підсилювача постійного струму, загальний коефіцієнт підсилення якого складає приблизно 10000.

Підсилений сигнал давача $U_{\text{сиг}}$ порівнюється із заданою напругою $U_{\text{зад}}$, що є керованою і відповідає необхідній (заданій) швидкості металу $u_{\text{зад}}$ у каналі насоса. Величина цієї швидкості визначається продуктивністю дозатора, яка залежить від розміру гранул, та додатковою витратою металу через перегородку. Цієї витрати повинно бути достатньо для підтримання стабільної температури у ванні дозатора. Система керування фазорегулятора, виходячи з різниці сигналів $\Delta U = U_{\text{сиг}} - U_{\text{зад}}$, формує зміну фазового кута напруги, яка живить електромагніт насоса, приводячи таким чином у відповідність (на заданий рівень) витрату рідкометалевого насоса.

На рис. 8 показано отримані експериментально залежності між товщиною Δh плоскої течії перетікання рідкого металу через перегородку та перепадом рівнів рідкого металу ΔH по обидві сторони перегородки за наявності (крива 1) та відсутності (крива 2) зазначеної системи стабілізації. Експеримент проводився за відсутності витрати металу через дозатор. Величина струму печі при цьому складала $I_{\text{п}} = 40$ А. Без стабілізації фазовий зсув між напругами був $\varphi_U = 60$ ел. град. (рис. 5). Як впливає з рис. 8, за наявності системи стабілізації товщина перетікання металу Δh практично не змінюється, в той час як за її відсутності змінення Δh може сягати 6 мм при зміні перепадів рівнів ΔH між відсіками установки від 20 до 80 мм. Таким чином, отримані дані повністю підтверджують можливість стабілізації рівня металу у відсіку дозатора установки за рахунок підтримання незмінною витрати рідкометалевого насоса.

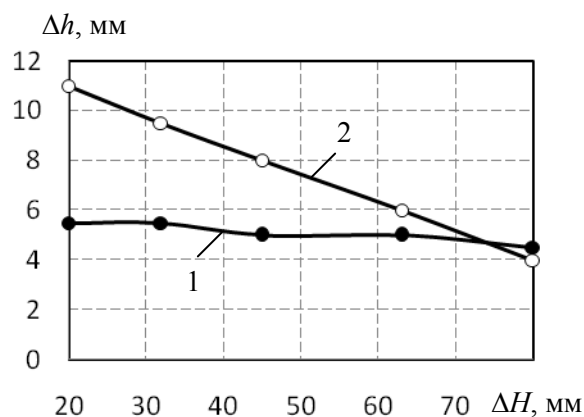


Рис. 8

Аналіз осцилограм зміни в часі фази напруги живлення насоса U_n у процесі роботи системи стабілізації засвідчив коливання кута φ_U відносно середнього значення в межах ± 10 ел. град. з частотою приблизно 1 Гц. Враховуючи достатньо високу інерційність рідкого металу в установці, візуально це не призводить до коливання вільної поверхні металу у ванні дозатора, а отже, можна вважати, що якість стабілізації рівня рідкого металу, яка реалізується за допомогою розробленої системи, є цілком прийнятною.

Висновок. Запропоновано і експериментально доведено можливість стабілізації рівня рідкого металу в установці для виробництва металевих гранул за рахунок підтримання на заданому рівні витрати рідкометалевого насоса, що входить до її складу. Розроблена система стабілізації використовує фазове керування продуктивністю насоса з залученням електромагнітного витратоміра рідкого металу як давача швидкості.

1. Автоматизация непрерывной разливки стали / Под редакцией Б.Б.Тимофеева. – Киев: УНИИНТИТЭИ, 1968. – 61 с.

2. Гориславец Ю.М., Глухенький О.І., Михальський В.М., Токаревський А.В. Установка для электромагнитного дозирования рідкого металу підвищеної продуктивності // Техн. електродинаміка. – 2012. – №5. – С. 74-80.

3. Полищук В.П., Цин М.Р., Горн Р.К., Дубоделов В.И., Погорский В.К., Трефняк В.А. Магнитодинамические насосы для жидких металлов. – К.: Наук. думка, 1989. – 256 с.

4. Шерклиф Дж. Теория электромагнитного измерения расхода. – М.: Мир, 1965. – 268 с.

5. Шидловский А.К., Гориславец Ю.М., Глухенький А.И. Электромагнитные системы для дозирования жидких металлов. – К.: ІЕД НАН України, 2011. – 208 с.

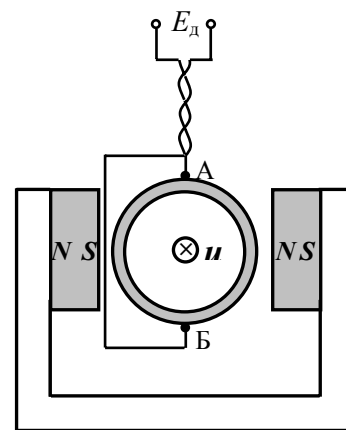


Рис. 7

6. Shcherba A.A., Suprunovskaya N.I. Study features of transients in the circuits of semiconductor discharge pulses generators with nonlinear electro-spark load // Proc. of the IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kyiv, Ukraine. – Pp. 50-54.

УДК 681.53 : 621.746

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ УРОВНЯ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГРАНУЛ

А.И.Глухенький, канд.техн.наук, **Ю.М.Гориславец**, докт.техн.наук, **В.Е.Павленко**, **В.Б.Павлов**, докт.техн.наук, **А.В.Токаревский**, **Ю.П.Тугаенко**
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.
e-mail: ugoris@ied.org.ua

Для действующей установки для производства металлических гранул с целью уменьшения дисперсии гранул разработана и исследована система стабилизации уровня жидкого металла над насадком электромагнитного дозатора. Стабилизацию предложено осуществлять путем поддержания в процессе работы неизменным расход жидкометаллического насоса магнетодинамического типа, входящего в состав установки. Экспериментально исследованы возможности управления расходом насоса за счет изменения модуля и фазового угла тока катушки электромагнита насоса. Исходя из установленных преимуществ фазового управления, разработан полупроводниковый фазорегулятор для питания электромагнита насоса, а также разработана система автоматического управления насосом с электромагнитным датчиком скорости жидкого металла. Работоспособность системы и возможность стабилизации уровня металла за счет поддержания неизменным расхода жидкометаллического насоса подтверждены экспериментально. Библ. 6, рис. 8.

Ключевые слова: металлические гранулы, дисперсия, стабилизация уровня жидкого металла, магнетодинамический насос, полупроводниковый фазорегулятор, автоматическая система управления.

THE SYSTEM OF STABILIZATION THE LEVEL OF LIQUID METAL IN INSTALLATION FOR MANUFACTURING OF METAL GRANULES

O.I.Glukhenkyi, Yu.M.Goryslavets, V.E.Pavlenko, V.B.Pavlov, A.V.Tokarevskiy, Yu.P.Tugaenko
Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
pr. Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.
e-mail: ugoris@ied.org.ua

For acting installation for manufacturing of metal granules in purpose to decrease the dispersion of granules the system of stabilization the level of liquid metal above the nozzle of electromagnetic batcher was developed and researched. It is offered to realize the stabilization by supporting in process a constant consumption of liquid metal pump of magnetodynamic type, included into installation structure. Experimentally investigated the possibility of controlling the flow rate of the pump by changing the absolute value and phase angle of the current of electromagnet pump. Based on the established advantages of phase control, semiconducting dephaser is developed to power the electromagnet pump, and system of automatic control of the pump with electromagnetic speed sensor of liquid metal was developed. Performance of the system and the ability to stabilize the metal level by maintaining constant consumption of liquid metal pump confirmed experimentally. References 6, figures 8.

Key words: metal granules, dispersion, stabilization the level of liquid metal, magnetodynamic pump, semiconducting dephaser, automatic control system.

1. Automation of continuous casting / Edited by V.V.Timofeev. – Kyiv, 1968. – 61 p. (Rus)
2. Goryslavets Yu.M., Glukhenkyi O.I., Mykhalskyi V.M., Tokarevskiy A.V. Installation for electromagnetic batching of liquid metal with high productivity // Tekhnichna Elektrodynamika. – 2012. – No 5. – Pp. 74-80. (Ukr)
3. Polishchuk V.P., Gorn M.P., Dubodelov V.I., Pogorskii V.K., Trefniak V.A. Magnetodynamic pumps for liquid metals. – Kyiv: Naukova dumka, 1989. – 256 p. (Rus)
4. Sherkliff J. The theory of electromagnetic flow measurement. – Moskva: Mir, 1965. – 268 p. (Rus)
5. Shidlovskii A.K., Gorislavets Yu.M., Glukhenkii A.I. Electromagnetic systems for batching of liquid metals. – Kyiv: Instytut Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy, 2011. – 208 p. (Rus)
6. Shcherba A.A., Suprunovskaya N.I. Study features of transients in the circuits of semiconductor discharge pulses generators with nonlinear electro-spark load // Proc. of the IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kyiv, Ukraine. – Pp. 50-54.

Надійшла 16.04.2015