

В.І. Гудим, Р.І. Стасьо, С.Б. Ярмуш (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), А.Я. Постолок (ЗАТ ПВНДКПІ "Укрзахіденергопроект")

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ БАГАТОЕЛЕКТРОДНОЇ ДУГОВОЇ ЕЛЕКТРОПЕЧІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

В роботі сформовано математичну модель в контурних координатах для електропостачання шестиелектродної дугової сталеплавильної печі постійного струму. Ця модель дозволяє здійснювати моделювання стаціонарних та перехідних процесів таких комплексів

Ключові слова: Дугові електропечі постійного струму, математична модель печі, електричні режими печей, багатоелектродна дугова електропіч, вентиляльні випрямлячі

Вступ. Досвід експлуатації дугових електропечей змінного струму виявив певні проблеми, усунення яких є неможливе, або вимагає чималих коштів [1, 2, 3]. Серед них найважливішими є проблеми екологічного характеру та електромагнітна сумісність електричних режимів дугових сталеплавильних печей (ДСП) з системами електропостачання.

З позиції проблем екологічного характеру необхідно відмітити неможливість зниження звукових шумів під час роботи ДСП змінного струму, які негативно впливають на експлуатаційний персонал. Відомо, що професійні захворювання сталеварів є значно вищим ніж працівників, зайнятих в машинобудівній чи рівноцінних їй галузях, а це чималі фінансові і соціальні витрати для держави.

З погляду впливу електричних режимів ДСП змінного струму на системи електропостачання детально охарактеризовані в [3], звідки видно, що неможливо компенсувати динамічну несиметрію в системах електропостачання ДСП, через що для цих споживачів норми на якість енергії є дещо відмінні від загальнопромислових споживачів. Різка динаміка дуг змінного струму викликає появу гармонік струмів та напруг широкого спектра у системах електропостачання, які важко поглинати фільтрами з фіксованою частотою поглинання [4]. На жаль фільтри зі змінною частотою поглинання ні в Україні ні за кордоном ще не впроваджені, а в широко розрекламованих активних фільтрах реальна ефективність ще не підтверджена, зокрема для ДСП.

У зв'язку з цим, актуальною є розробка та впровадження ДСП постійного струму, які у порівнянні з печами змінного струму менше впливають на системи електропостачання, тому в багатьох країнах з розвинутою металургійною галуззю поки що використовуються у вигляді дослідно-експериментальних установок.

Постановка задачі. Перші позитивні результати досвіду експлуатації вже відомі і опубліковані, але на жаль, відсутня інформація про задачі і проблеми, пов'язані з їх експлуатацією.

Однією з таких проблем є швидкість розплавлення твердої шихти до рідкого стану. Величезні потужності зумовлюють сотні кілоампер технологічного струму, який протікає через контактні з'єднання та електрод. Це обмежує можливе збільшення потужностей печей постійного струму. Наявність подового електрода суттєво ускладнює конструкцію ДСП постійного струму, а одна дуга занадто довго розтоплює тверду шихту.

Таким чином, одноелектродні ДСП постійного струму, шумовий вплив яких на оточуючих є значно нижчий від впливу ДСП змінного струму, мають майбутнє.

Розв'язання задачі. Переведення трифазних ДСП на постійний струм до певної міри вирішує згадані вище задачі, але тут вимагається реконструкція самої печі, тобто встановлення подового електрода, який в реальних умовах має складну конструкцію.

Авторами запропонована схема електропостачання ДСП постійного струму з шістьма електродами, яка у порівнянні з одно- чи триелектродними має низку переваг.

Принципова схема, наведена на рис.1, конструктивно простіша від триелектродних завдяки відсутності охолоджувального подового електрода.

Друга очевидна перевага полягає в тому, що шість електричних дуг швидше розтоплять тверду шихту ніж три дуги, що дозволить зменшити потужність пічного трансформатора або скоротити час розплавлення шихти.

І остання очевидна перевага полягає в тому, що завдяки рівномірному розміщенню електродів можна досягти рівномірного розподілу тепла, що генерується електричними дугами і відповідно розтоплення твердої шихти.

Стосовно характеристик електромагнітних процесів та електромагнітної сумісності, то це питання вимагає ґрунтовних досліджень, які найпростіше виконати за допомогою математичного моделювання, враховуючи те, що схема електропостачання є нова. Очевидно, що достовірні результати можна отримати лише завдяки адекватності математичних моделей як кожного елемента системи зокрема, так і системи електропостачання в цілому.

Враховуючи переривчастий характер горіння дуг постійного струму в багатоелектродній печі необхідно особливу увагу звернути на модель дуги, яка матиме визначальний вплив на перебіг електромагнітних процесів у системі електропостачання. Природній інтервал горіння дуги під кожним електродом становить 2/3 періоду промислової частоти. Наступний елемент, який треба врахувати, це опір шихти, який в загальному випадку змінюватиметься з часом та збільшенням температури шихти, а пізніше - рідкого металу. Опір шляхів замикання постійного струму також залежить від віддалі між електродами, укладання шихти, її якості та структури.

Якщо прийняти умову, що шихта однорідна, а середовище ізотропне, то в першому наближенні можна допустити, що опір шляхів замикання струмів через шихту залежатиме від питомого опору металошихти та її температури, оскільки віддалі між електродами не змінюються, а також не змінюється умовна площа січення насипу шихти.

У цьому випадку до стану розтоплення опір металошихти враховуємо формулою

$$R_{ш} = \rho \frac{l}{S} (1 + \alpha t)$$

де l – відстань між електродами (анодними і катодними), м; S – площа умовного січення насипу шихти, м²; t – температура, °C; α – коефіцієнт, чисельно рівний приблизно 1/273.

Якщо виразити температуру в кельвінах, то вираз для обчислення $R_{ш}$ набуде вигляду:

$$R_{ш} = \rho \frac{l}{S} \alpha T . \text{ Тобто, опір шихти збільшується лінійно і пропорційно до температури.}$$

Опір шихти зростатиме до початку розтоплення шихти, коли температура зупиниться, тому зростання опору можна враховувати впродовж розігрівання шихти. Якщо моделювати процеси на стадії переходу твердої шихти у рідкий стан, то $R_{ш}$ слід підрахувати за вище наведеною формулою для $t = \tau_{розт.}$ даного сорту металу і цей опір утримувати незмінним.

Таким чином, для адекватного моделювання електромагнітних процесів із врахуванням опору ванни потрібно моделювати процес збільшення температури шихти, очевидно, на підставі балансу енергії, або процес зростання температури апроксимувати на підставі середньостатистичних результатів вимірювання.

Короткі мережі допустимо моделювати лінійними послідовно сполученими активно-індуктивними елементами, причому індуктивні опори їх струмопроводів завдяки взаємоіндуктивним зв'язкам змінюються в межах $\pm 20\%$ від номінальної величини за випадковим законом, підпорядкованим нормальному розподілу. У печах постійного струму ці розкиди значно менші, ніж в печах змінного струму, а також відсутні явища електромагнітного перенесення потужностей, тобто ефекти дикої і мертвої фаз. Вентильні

елементи напівпровідникових некерованих випрямлячів моделюються на підставі кусково-лінійної апроксимації їх характеристик зі зломом в початку системи координат, що відповідає зміні опору вентиля залежно від напрямку струму. Випрямлячі моделюються на основі сталої топології із врахуванням опорів вентилів як в провідному, так і в непровідному стані, що дозволяє враховувати втрати потужності на вентиляльних елементах, змоделювати характер форми зворотніх напруг на вентилях та можливі перенапруги і коливні процеси. В загальному випадку - вольт амперна характеристика вентиля записується у вигляді $u_e(i_e)$.

Комутаційні процеси виконуються за допомогою вимикачів, які у випадку вмикання моделюються активними опорами на основі кусково-лінійної апроксимації. Опір міжконтактного проміжку вимикача у непровідному стані співмірний із опором ізоляції між контактами вимикача, а у ввімкненому стані - із перехідним опором між контактами. В разі моделювання процесу вимикання між контактами вимикача з увімкненим і вимкненим станами присутній нелінійний опір, який згідно з [5] наростає за експонентою за час розведення контактів вимикача.

$$r_e = r_o e^{-\alpha(t_1-t)}$$

де t_1 - момент початку розведення контактів вимикача; t - текучий час; α - коефіцієнт апроксимації, який підбирається експериментально.

Для точного врахування опору між контактами вимикача потрібно, перш за все, мати значення коефіцієнта α , який може бути визначений експериментально, а також час розведення полюсів вимикачів. Ці параметри для різного типу вимикачів суттєво відрізняються, тому з достатнім для практики наближенням можна прийняти різко змінну лінійну апроксимацію зміни опору між полюсами вимикача, але у скінченних межах. Таким чином, опір між полюсами вимикача можна записати у вигляді

$$R_{mm} = \frac{\Delta t}{|\Delta I|} R_{вим}$$

Наявність силових трансформаторів і реакторів вимагає математичних моделей електромагнітних апаратів, які для задач даного класу моделюються із розділенням магнітного потоку на основний та розсіювання. Такий підхід не враховує детального врахування магнітних потоків та їх розподілу в конструкціях силових трансформаторів, але достатньо адекватно відображає основні координати (потокозчеплення та струми обмоток) електромагнітних апаратів за основним магнітним потоком. Нелінійність параметрів шляхів замикання потоків розсіювання враховувати недоцільно, оскільки ці потоки становлять кілька процентів від основного магнітного потоку.

Математична модель n -обмоткового трифазного трансформатора, наведена в [6], може бути записана у вигляді:

$$\| \Pi_e \quad \Pi_m \| \cdot \left| \frac{\vec{i}}{\vec{\Phi}} \right| = 0 \quad (1)$$

$$\Gamma_e \mathbf{R} \vec{i} + \Gamma_e \mathbf{M} \frac{d\vec{i}}{dt} + \Gamma_m \frac{d\vec{\Psi}}{dt} = \Gamma_e \vec{u} \quad (2)$$

$$\Gamma_m \vec{u}_m = \mathbf{W} \vec{i} \quad (3)$$

де Π_e Π_m - матриці вузлових з'єднань електричних і магнітних кіл відповідно; \vec{i} - вектори струмів віток електромагнітних апаратів; Γ_e , Γ_m - матриці контурних з'єднань електричних і магнітних кіл відповідно; \mathbf{R} - діагональна матриця резистансів електричних кіл; \mathbf{M} - матриця індуктивностей і взаємні індуктивностей електромагнітних кіл; \vec{u} - вектор напруг джерел живлення; $\vec{u}_m(\Phi)$ - вектор напруг магнітних віток трансформатора;

$\mathbf{W} = \|\mathbf{W}_1 | \mathbf{W}_2 | \mathbf{W}_3\|$ – матриця витків обмоток триобмоткового трансформатора; $\vec{\psi} = (\vec{\psi}_1, \vec{\psi}_2, \vec{\psi}_3)_t$ – вектор потокозчеплень первинної, вторинної і третинної обмоток трансформатора; $\vec{\Phi} = (\Phi_A, \Phi_B, \Phi_C, \Phi_O)_t$ – вектор магнітних потоків у магнітопроводі трансформатора та (Φ_O) поза магнітопроводом.

Між вектором потокозчеплення $\vec{\psi}$ та вектором магнітних потоків $\vec{\Phi}$ існує зв'язок у вигляді $\vec{\psi} = \mathbf{W}_t \vec{\Phi} = (\vec{\psi}_1, \vec{\psi}_2, \vec{\psi}_3)_t$ причому $\vec{\psi}_1 = (\vec{\psi}_{1A}, \vec{\psi}_{1B}, \vec{\psi}_{1C})_t$, $\vec{\psi}_2 = (\vec{\psi}_{2A}, \vec{\psi}_{2B}, \vec{\psi}_{2C})_t$, $\vec{\psi}_3 = (\vec{\psi}_{3A}, \vec{\psi}_{3B}, \vec{\psi}_{3C})_t$. Враховуючи те, що $\vec{\psi}_1 = \mathbf{W}_{1t} \vec{\Phi}_t$, вектор потокозчеплення запишемо у вигляді $\vec{\psi} = \mathbf{W}_t \mathbf{W}_{1t} \mathbf{W}_1^{-1} \vec{\Phi} = \mathbf{K}_t \vec{\psi}_1$, де

$$\mathbf{K}_t = \mathbf{W}_t \mathbf{W}_1^{-1} = \begin{vmatrix} \mathbf{1} \\ \mathbf{K}_{21} \\ \mathbf{K}_{31} \end{vmatrix}$$

Диференціюючи рівняння (3) за часом та враховуючи те, що $\Gamma_m \vec{\psi}_1 = \vec{\psi}$, $\frac{\partial \vec{u}_m(\Phi)}{\partial \vec{\Phi}} \frac{d\vec{\Phi}}{dt} = \mathbf{R}_m \frac{d\vec{\Phi}}{dt}$, $\Gamma_{et} \cdot \vec{i}_k = \vec{i}$ математична модель у контурних координатах остаточно запишеться у вигляді:

$$\Gamma \begin{vmatrix} \mathbf{R} & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot \Gamma_t \begin{vmatrix} \vec{i}_k \\ \vec{\psi}_1 \end{vmatrix} + \Gamma \begin{vmatrix} \mathbf{M} & \mathbf{K}_t & 0 \\ \mathbf{K} & -\mathbf{R}_m^* & 0 \\ 0 & 0 & -\mathbf{R}_o^* \end{vmatrix} \cdot \Gamma_t \begin{vmatrix} \frac{d\vec{i}_k}{dt} \\ \frac{d\vec{\psi}_1}{dt} \end{vmatrix} = \Gamma \begin{vmatrix} \vec{u} \\ 0 \end{vmatrix}$$

де $\mathbf{R}_m^* = \begin{vmatrix} R_A^* & & \\ & R_B^* & \\ & & R_C^* \end{vmatrix}$;

$\Gamma = \|\Gamma_e \quad \Gamma_m\|$ – повна матриця контурних з'єднань електричних і магнітних кіл трансформаторів чи електромагнітних апаратів;

$\mathbf{M} = \frac{\partial \vec{\psi}}{\partial \vec{i}} = \begin{vmatrix} \mathbf{L}_{11} & \mathbf{M}_{12} & \mathbf{M}_{13} \\ \mathbf{M}_{21} & \mathbf{L}_{22} & \mathbf{M}_{23} \\ \mathbf{M}_{31} & \mathbf{M}_{32} & \mathbf{L}_{33} \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{vmatrix}$ – матриця власних і взаємних індуктивностей електричних

кіл електромагнітних апаратів.

Крім переліченого електрообладнання, схеми часто містять ємнісні елементи, зокрема конденсатори, окремо чи як елементи фільтрів гармонік струмів, напруга і струм яких пов'язані лінійною залежністю у вигляді $\mathbf{C} \frac{du_c}{dt} = \vec{i}$, де \mathbf{C} – матриця ємностей електричних кіл схеми.

На рис. 1 наведена принципова схема системи електропостачання дугової сталеварної печі постійного струму, яка містить 6 електродів з яких 3 катодні а 3 анодні. Від електроенергетичної системи 110 кВ через силовий трансформатор 110/35 живлення подається на трифазний пічний трансформатор сполучений за схемою Y/Δ напругою 35/0,6 кВ. Навантаженням пічного трансформатора є електродугова шестиелектродна піч, яка живиться через 3 однофазні некеровані випрямлячі В₁-В₃, кожен з яких увімкнений на лінійну напругу а їх виводи за постійною напругою приєднуються до електродів через струмопроводи короткої мережі. Для компенсації реактивної складової струму на основі послідовно сполучених L-C фільтрів приєднані до мережі 35 кВ. Крім цього, на постійній напрузі випрямлячів встановлюються ємнісні фільтри з метою покращення енергетичних показників ДСП.

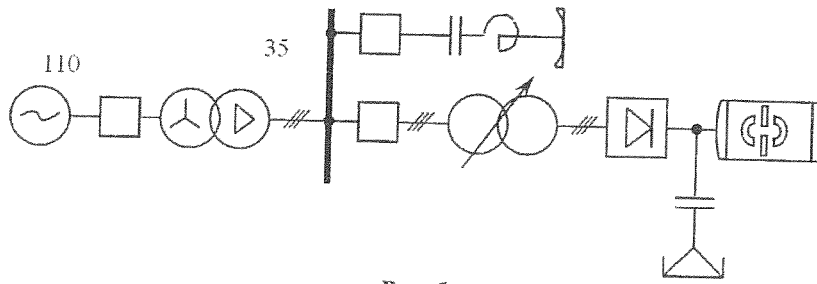


Рис. 1

З метою виконання досліджень електромагнітних процесів описаної вище системи електропостачання, запишемо загальну математичну модель у контурних координатах із врахуванням математичних моделей структурних елементів із застосуванням методу ФДН у вигляді [6]

$$\Gamma \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{11,k+1}^{(l)} & \mathbf{Z}_{12,k+1}^{(l)} \\ \mathbf{Z}_{21,k+1}^{(l)} & \mathbf{Z}_{22,k+1}^{(l)} \end{pmatrix} \times \Gamma_t \begin{pmatrix} \Delta \vec{i}_{K,k+1}^{(l)} \\ \Delta \vec{\psi}_{K,k+1}^{(l)} \end{pmatrix} = \Gamma \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{11,k+1}^{(l)} & \mathbf{Z}_{12,k+1}^{(l)} \\ \mathbf{Z}_{21,k+1}^{(l)} & \mathbf{Z}_{22,k+1}^{(l)} \end{pmatrix} \times \Gamma_t \begin{pmatrix} \vec{i}_{K,k+1}^{(l_n)} \\ \vec{\psi}_{K,k+1}^{(l)} \end{pmatrix} +$$

$$+ \Gamma(h^{-1}) \begin{pmatrix} \mathbf{M}_{k+1}^{(l)} \\ \mathbf{K}_{21} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{K}_{12} \\ \mathbf{R}_{\mu K K, k+1}^{(l)} \end{pmatrix} \times \Gamma_t \left(\begin{pmatrix} \sum_{s=1}^p a_s \vec{i}_{K,k+1-s} \\ \sum_{s=1}^p a_s \vec{\psi}_{K,k+1-s} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \vec{u}_{H,k+1}^{(l)} & a_o^{-1} \sum_{s=1}^p a_s \vec{u}_{C,k+1-s} \\ 0 \end{pmatrix} \vec{e}_{k+1}^{(l)} \right)$$

$$\begin{pmatrix} \vec{i}_{K,k+1}^{(l+1)} \\ \vec{\psi}_{K,k+1}^{(l+1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{i}_{K,k+1}^{(l)} \\ \vec{\psi}_{K,k+1}^{(l)} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \Delta i_{K,k+1}^{(l)} \\ \Delta \psi_{K,k+1}^{(l)} \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} \vec{i}_{K+1}^{(l+1)} \\ \vec{\psi}_{K+1}^{(l+1)} \end{pmatrix} = \Gamma_t \begin{pmatrix} \vec{i}_{K,k+1}^{(l+1)} \\ \vec{\psi}_{K,k+1}^{(l+1)} \end{pmatrix}$$

де $\mathbf{Z}_{11,k+1}^{(l)} = \mathbf{R}_{k+1}^{(l)} + a_o h^{-1} \mathbf{M}_{k+1}^{(l)} + a_o^{-1} h (\mathbf{C}_{k+1})^{-1}$;

$\mathbf{Z}_{12,k+1}^{(l)} = a_o h^{-1} \mathbf{K}_{12}$;

$\mathbf{Z}_{21,k+1}^{(l)} = a_o h^{-1} \mathbf{K}_{21}$;

$\mathbf{Z}_{22,k+1}^{(l)} = -a_o h^{-1} \mathbf{K}_{\mu K, k+1}^{(l)}$

a_o, a_s – коефіцієнти апроксимуючого полінома методу ФДН;

h – крок чисельного інтегрування;

p – порядок методу.

Струми та поточозчеплення віток після їх уточнення на $(l+1)$ ітерації визначаємо із співвідношень

$$\vec{u}_{c,k+1}^{(l+1)} = a_o^{-1} c^{-1} h \vec{i}_{c,k+1}^{(l+1)} - a_o^{-1} \sum_{s=1}^p a_s \vec{u}_{c,k+1-s}^{(l)};$$

$\vec{i}_{K,k+1-s}, \vec{\psi}_{K,k+1-s}, \vec{u}_{C,k+1-s}$ – вектори струмів, поточозчеплень і напруг конденсаторів на попередніх кроках інтегрування.

$$\vec{u}_{\partial y, k+1}^{(l)} = f(\vec{I}_{\partial, k+1}^{(l)}, \vec{I}_{\partial \delta, k})$$

де k – коефіцієнт, який враховує випадковий характер динамічної вольтамперної характеристики дуги постійного струму.

На основі наведеної моделі сформовано автоматизовану цифрову модель аналізу електромагнітних процесів в миттєвих координатах з використанням алгоритмічної мови FORTRAN. Пакет прикладних програм працює в середовищі Windows, а для аналізу і візуального демонстрування отриманих результатів розроблено графічний модуль з можливістю виводу графіків на екран монітора чи на друк.

Використовуючи програмний модуль виконано розрахунок режиму роботи даної системи електропостачання, результати якої наведені на рис.2.

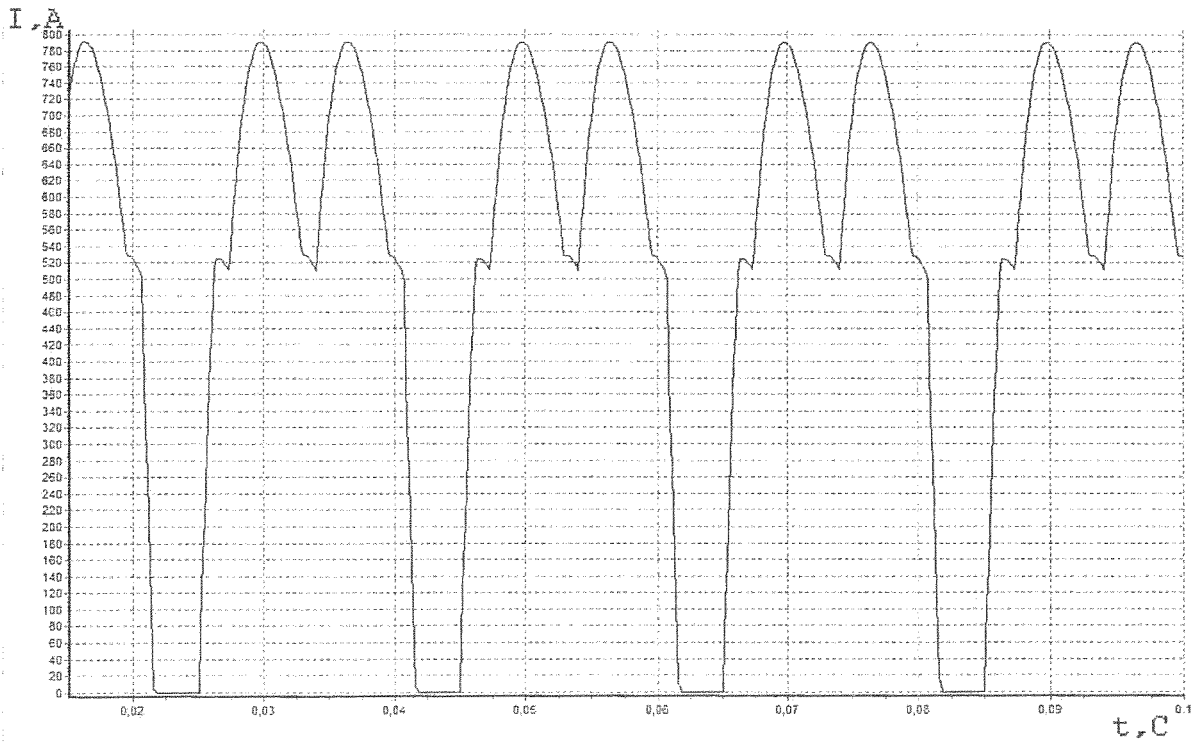


Рис.2а. Струм на позитивному електроді

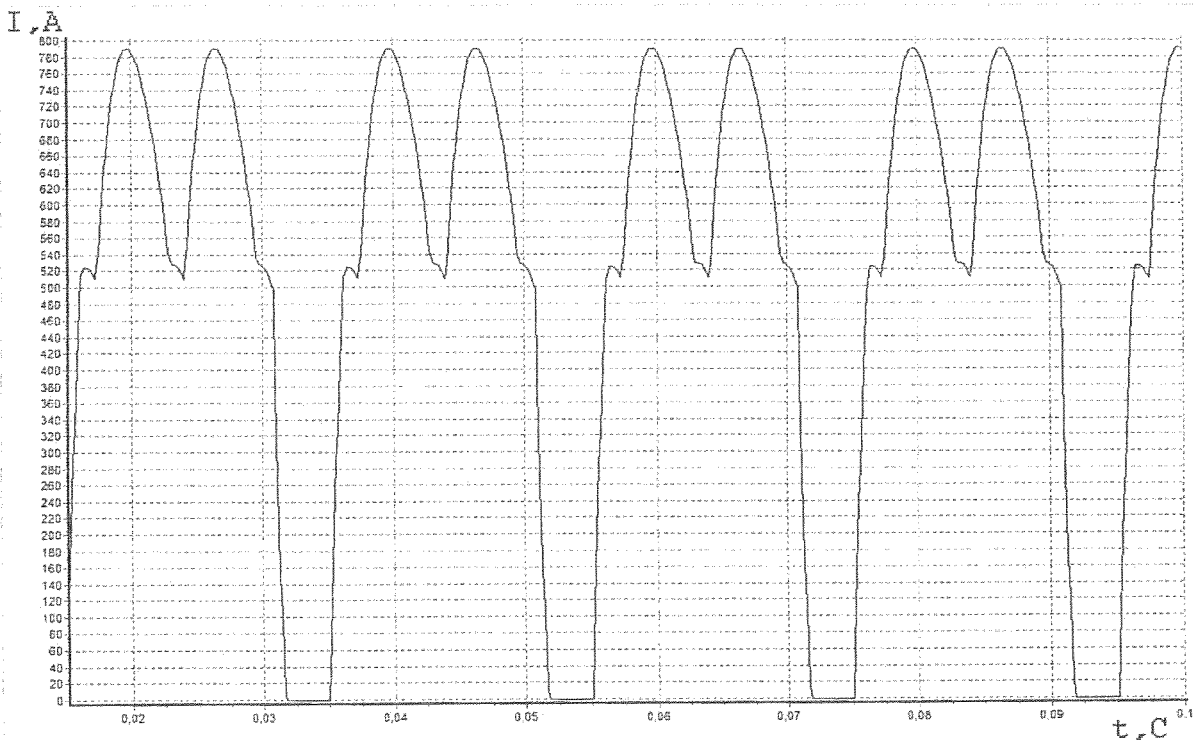


Рис.2б. Струм на негативному електроді

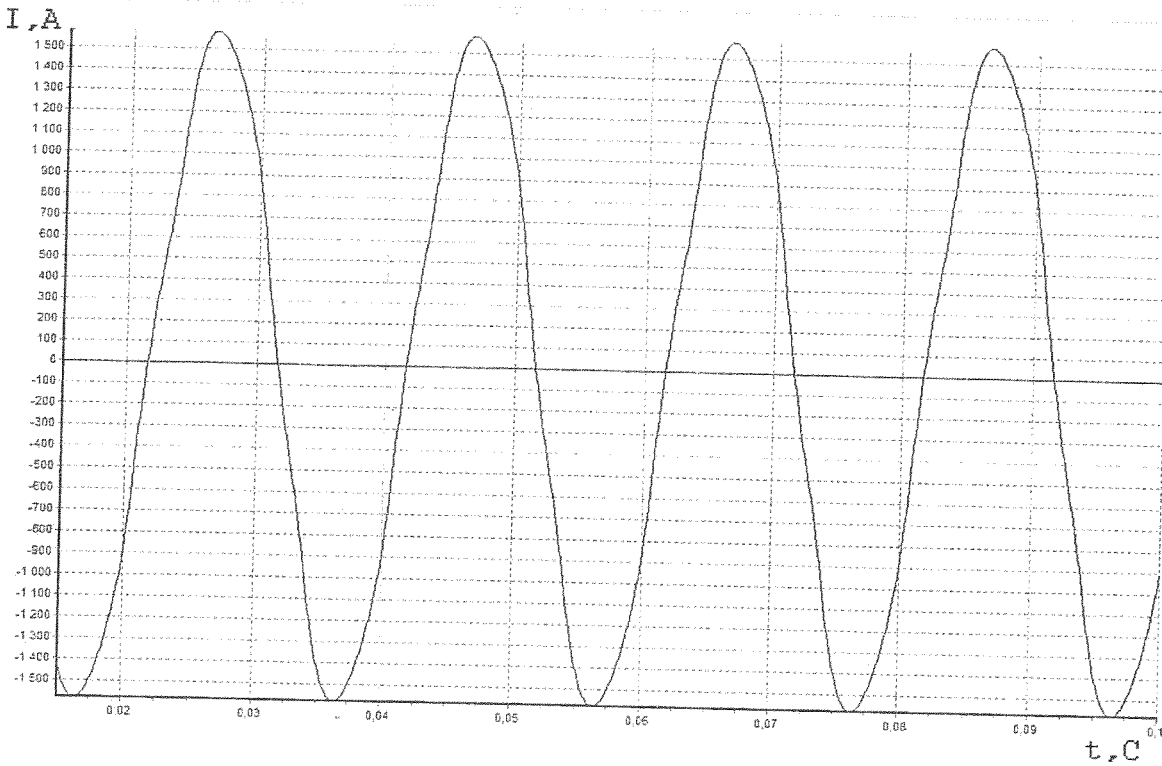


Рис.2в. Струм фази А

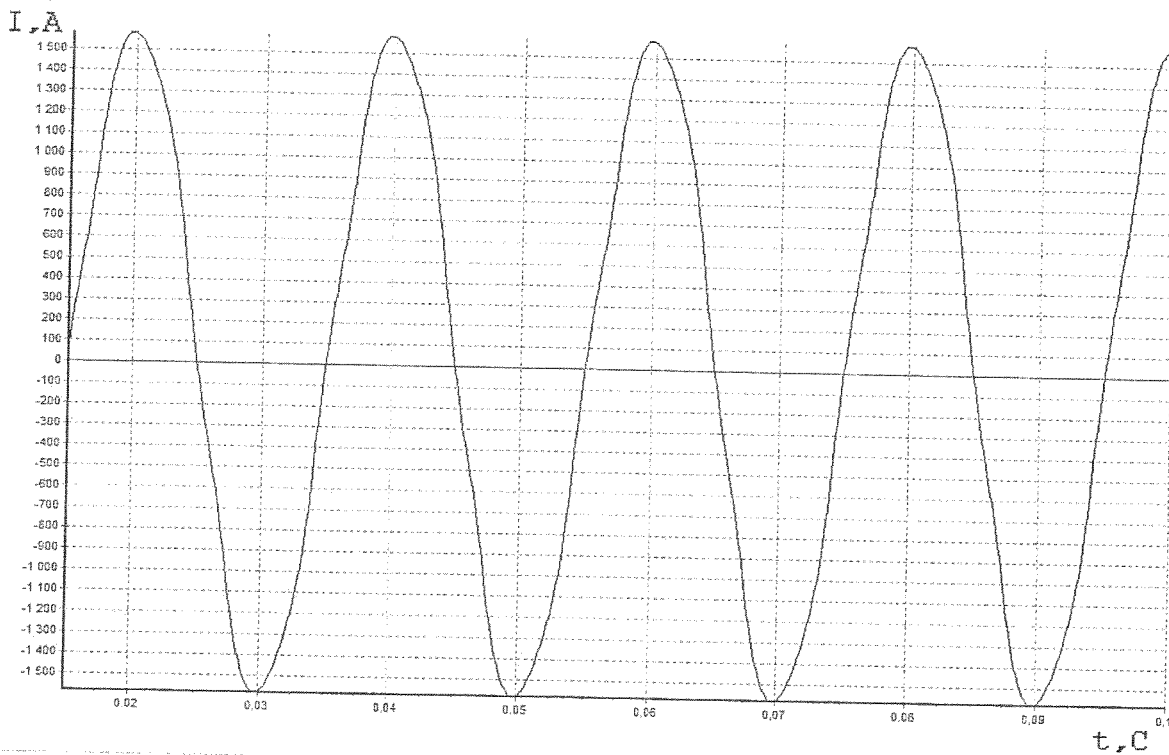


Рис.2г. Струм фази В

З рис.2а і 2б видно, що перерва між черговими імпульсами струму електрода в печі становить приблизно 1/5 періоду, що говорить про високу енергетичну ефективність дуг в такій печі. При цьому не дивлячись на наявність вентильних елементів лінійні струми системи живлення (рис 2в, 2г) мало спотворюються вищими гармоніками, принаймі у квазісиметричному режимі.

Висновки.

1. На основі аналізу літературних джерел показано, що за показниками електромагнітної сумісності та екологічними параметрами печі постійного струму є перспективнішими і тому задача дослідження їх впливу на системи електропостачання є актуальною.
2. Запропонована схема живлення шестиелектродної печі постійного струму має ті технологічні переваги над одноелектродними, що рівномірніше прогривається шихта і швидше відбувається її перетворення у рідку фазу.
3. Враховуючи те, що система електропостачання печі запропонована вперше, дослідження впливу даної печі на систему електропостачання з позиції електромагнітної сумісності можливо дослідити лише методами математичного моделювання.
4. Наведені результати підтверджують працездатність і адекватність розробленої математичної моделі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Le bruit et l'insonorisation industrielle. Application au cas des aciéries électriques. Antoine J., Le Louer P. « Rey mit » (Fr). 1984. – SI. N8-9. – 667-682.
2. Brociece W. Die Probleme der Generierung der Spannung- und Stromobek schwingungen von den UHP-Ofen in das elektroenergetische System. N31 int. wiss Kollog. Ilmenau, 27-31 Okt., 1986. – Heft 1. Vortrags A1, A2, A3. Ilmenau. 1986. – P. 15-16.
3. Влияние дуговых электропечей на системы электроснабжения Под ред. Смелянского М.Я. и Минеева Р.В. – М. : Энергия. – 1975. – 184с.
4. Гудим В. І. Технічні засоби зниження гармонік в електропостачальних системах / В. І. Гудим // Техн. електродинаміка. – 1996. – № 3. – С. 67-72.
5. Технический отчёт. Испытания высоковольтного электрооборудования дуговых печей ДСП-100 МЗА в режимах коммутаций / Центрэнергочермет, 1981. – Арх. № 18666. – 142 с.
6. Шидловський А. К. Енергетичні системи з електропередачами та вставками постійного струму / А. К. Шидловський, В. С. Перхач, О. І. Скрипник. – К. : Наукова думка, 1992. – 2888 с.

В.І. Гудым, д.т.н., проф., Р.І. Стасьо, С.Б. Ярмуш, А.Я. Постолук

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МНОГОЭЛЕКТРОДНОЙ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В работе сформировано математическую модель в контурных координатах для электроснабжения шестиэлектродной дуговой сталеплавильной печи постоянного тока. Эта модель позволяет производить моделирование стационарных и переходных процессов таких комплексов.

Ключевые слова: Дуговая электропечь постоянного тока, математическая модель печи, электрические режимы печей, многоэлектродная дуговая электропечь, вентильные выпрямители

V.I. Hudym, Doctor of Science (Engineering), Professor, R.I. Stasyo, S.B. Yarmush, A.Ya. Postolyuk

THE MATHEMATICAL MODEL OF THE ELECTRIC POWER SUPPLY SYSTEM OF THE MULTIELECTRODE ELECTRIC-ARC FURNACE OF THE DIRECT CURRENT

The mathematical model in the contour data for the power supply of the six-electrode arc steel-making furnace of the direct current is formed.

It allows to practice the modeling of the stationary and transient processes of such complexes.

Key words: Electric-arc furnace of the direct current, mathematical model of a furnace, electric modes of furnaces, multi-electrode electric-arc furnace, valve rectifiers