

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИВОДУ ЕЛЕКТРОГАРМАТИ  
ДЛЯ ЗАКРИТТЯ ЛЬОТКИ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ**

У даній статті розглядається електрогармата для закриття льотки доменної печі, виявляються недоліки, які можуть негативно вплинути на продуктивність електрогармати, а саме дискретність переміщення гака електромагніту захоплення в петлю. Представлене рішення основної проблеми електромагніту захоплення, як важливої і невід'ємної частини електрогармати для закриття льотки доменної печі, що в свою чергу призведе до підвищення надійності роботи вищевказаного апарату.

**Ключові слова:** електрогармата, електромагніт, льотка, доменна піч.

*I.M. Karakuts. Improving the reliability of the electric gun drive for closing the taphole of a blast furnace. The blast furnace is a large metallurgical vertical furnace for smelting cast iron and ferroalloys. The principle of the blast furnace operation is the continuity of the metallurgical process during the whole period of its operation up to the regular overhaul, which is performed on average once every ten years. The total service life of the blast furnace can exceed one hundred years. The blast furnace is of a mine type: it is periodically charged from above with ore, coke and other components, gas being fed from below. Periodically, the slag melt is drained from the blast furnace and molten cast iron is released, i.e. the column of raw materials in the blast furnace mine eventually settles down, turning into cast iron and slag, and on top it is replenished with new portions of charge materials. For the periodic release of cast iron, a tap hole is used, which at the end of the release process is filled with the filling mass with the help of a special machine – a gun at the end of the release process. The reliability of the gun determines the quality and continuous operation of the furnace. One of the cycles of the blast furnace gun is fixing the gun on the blast furnace shell to ensure the reliability of the taphole closure. This function of the gun is performed by the locking mechanism. This article discusses an electric gun for closing the taphole of a blast furnace, reveals the drawbacks that can negatively affect the performance of the electric gun, namely, the discreteness of moving the hook of the gripping electromagnet into the loop. The solution of the main problem of the gripping electromagnet is presented, as an important and integral part of the electric gun for closing the taphole of the blast furnace, which in its turn will result in an increase in the reliability of the above mentioned apparatus.*

**Keywords:** electric oven, electromagnet, taphole, blast furnace.

**Постановка проблеми.** На стабільність роботи доменної печі впливає ряд факторів, одним із яких є надійна робота електрогармати для закривання її чавунної льотки. Одним з елементів гармати є прилад її фіксації відносно льотки під час закриття. Цей прилад побудований на базі використання довгоходового електромагніту, який здійснює дискретне переміщення гаку (засувки) в отвір (паз) скоби на кожусі доменної печі. Висока швидкість входу гака в отвір скоби може призвести в окремих випадках до аварійних, позаштатних ситуацій, поломок механізму. Тому робота над підвищенням надійності приводу електрогармати для закриття льотки доменної печі є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Доменна піч – це велика металургійна вертикально розташована піч для виплавки чавуну і феросплавів. Принцип роботи доменної печі полягає в безперервності металургійного процесу на весь термін її експлуатації до чергового капі-

\* студент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [karakuts1998@gmail.com](mailto:karakuts1998@gmail.com)

тального ремонту, який виконується в середньому один раз на 10 років. Загальний термін служби доменної печі може перевищувати 100 років [1].

Доменна піч шахтна: зверху в неї періодично завантажують порціями шихту з руди (агломерату), коксу та інших компонентів, а знизу подають газ. Періодично з доменної печі зливають розплавлений шлак та випускають розплавлений чавун, тобто стовп вихідних матеріалів в шахті домни з часом осідає, перетворюючись в чавун і шлак, а зверху його нарощують новими порціями шихтових матеріалів [2].

Для періодичного випуску чавуну використовується чавунна лютка, яку по закінченні процесу випуску забивають закладочною (льоточною) масою за допомогою спеціальної машини – гарматою (рис. 1, а). Надійність роботи гармати визначає якісну і безперервну роботу печі [3].

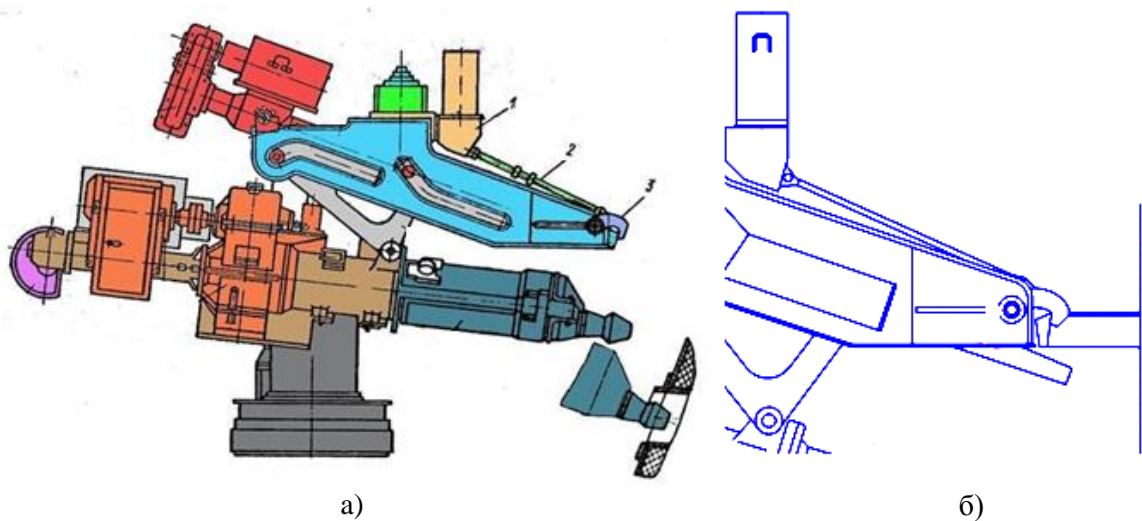


Рис. 1 – Електрогармата (машина) для закривання чавунної лютки доменної печі (а) та механізм фіксації поворотної консолі гармати (б): 1 – електромагніт; 2 – тяга; 3 – засувка

Одним з циклів роботи гармати доменної печі є фіксація гармати (при повороті її в робоче положення) на кожусі доменної печі для забезпечення надійності закриття лютки [4]. Цю функцію на гарматі виконує механізм фіксації (рис. 1, б).

Для надійного функціонування гармати в момент закривання чавунної лютки, вона (гармата) підводиться притискним пристроєм до лютки і для компенсації реактивного зусилля, яке формується при видавлюванні льоточної маси з носка гармати, фіксується в цьому положенні механізмом фіксації (рис. 1, б).

Призначення механізму фіксації, зблокованого з притискним пристроєм, – утримати гармату в футлярі чавунної лютки при її закритті.

Механізм фіксації складається з встановленого на кронштейні довгоходового електромагніту 1, тяг 2 і засувки 3, що обертається на осі (рис. 1, а).

В процесі експлуатації печі виявлений такий недолік електрогармати, як висока швидкість (дискретність) переміщення гака в петлю (рис. 2, графік 1), що може призводити до деформації як петлі, так і гака при недостатньому підході гака до кожуха доменної печі [5].

**Мета статті** – підвищення надійності роботи гармати для закривання лютки доменної печі за рахунок модернізації механізму фіксації поворотного пристрою (колони), що дозволить забезпечити регламентований характер переміщення гака у часі.

**Виклад основного матеріалу.** Для усунення дискретного переміщення гака в петлю і запобігання можливості руйнування цієї системи запропоновано змінити принцип роботи електромагніту, встановивши додатково електронну систему управління динамікою переміщення якоря магніту.

Розроблено пристрій, що забезпечує швидке підведення гака до петлі з наступним введенням гака в петлю із заданим зміненням швидкості (рис. 2, крива 2).

Пристрій складається з довгоходового магніту 1, сердечник якого механічно з'єднаний з датчиком 2 його переміщення, і системи управління роботою магніту (блоки: 3 – генератор; 4 – порівнювальний пристрій, 5 – підсилювач потужності, 6 – датчик струму, 7 – пороговий пристрій і 8 – сигнальний пристрій) (рис. 3).

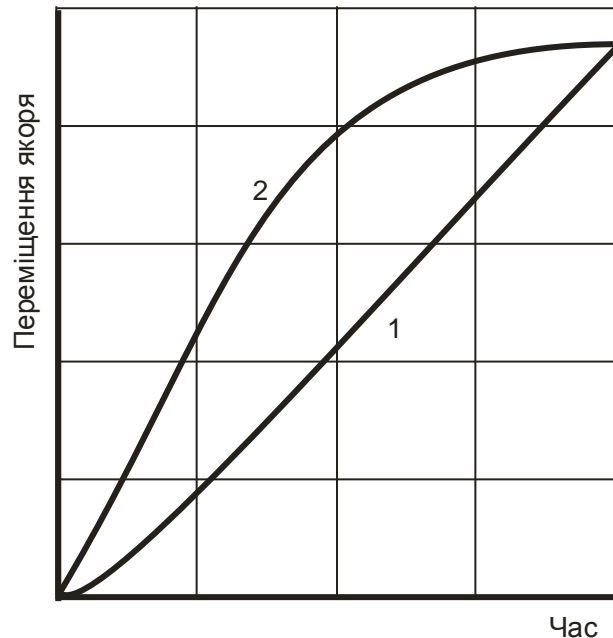


Рис. 2 – Характер переміщення якоря електромагніту у часі

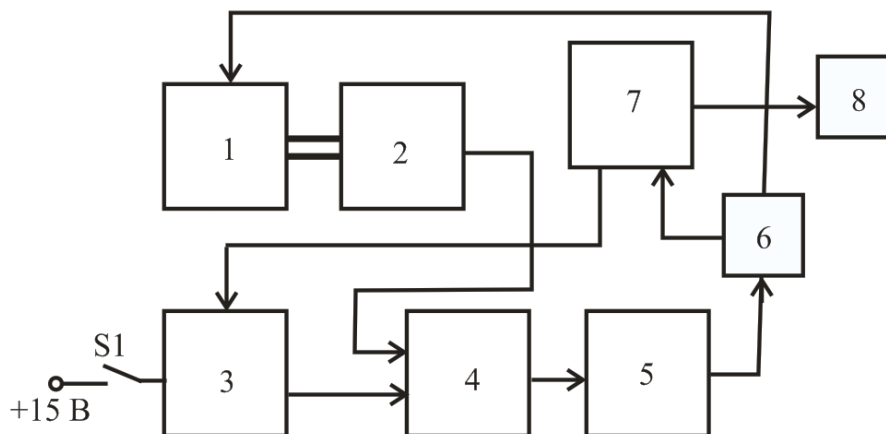


Рис. 3 – Структурна схема управління характером переміщення якоря електромагніту у часі

Спрощена електрична схема блоків 3 і 4 наведена на рис. 4. Генератор 3 побудований на операційному підсилювачі DA1, включеного за схемою аперіодичної ланки (в колі його зворотного зв'язку включені паралельно з'єднані конденсатор C1 і резистор R3), що дозволяє при подачі на його вхід напруги 15 В (замкнувши вимикач S1) сформувати на його виході напругу, форма якої аналогічна кривій 2, показаній на рис. 2.

Ця напруга порівнюється (в операційному підсилювачі DA2) з сигналом, що надходить з датчика 2 переміщення якоря електромагніту, і їх різниця подається на підсилювач потужності 5, до виходу якого через датчик струму 6 підключена обмотка електромагніта 1. З датчика струму сигнал подається на вхід порогового пристрою 7, який має два виходи: один підключений до другого входу генератора 3, а до другого виходу підключений сигнальний пристрій 8.

Принцип дії: при включенні ключа S1 подається сигнал на включення електромагніту 1, що дозволяє роботу генератора 3, який формує на виході сигнал, форма якого наведена на рисунку 3. Сигнал цієї форми дозволяє забезпечити заданий в часі характер переміщення гака захоплення. Це необхідно для запобігання ударів в кінці його ходу. Такий характер зміни швидкості необхідний для того, щоб в початковий момент гак з мінімальними витратами часу підійшов до засувки і перед входом в петлю його швидкість сповільнилася.

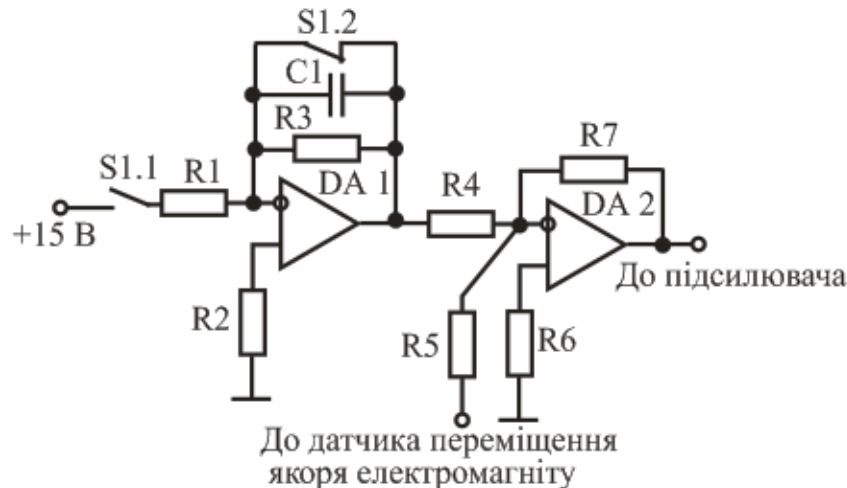


Рис. 4 – Спрощена електрична схема блоків 3 та 4 (рис. 3)

Така схема (рис. 4) дозволяє при зміні швидкості переміщення якоря забезпечити задане тягове зусилля електромагніту на всьому шляху його переміщення.

Якщо струм електромагніту ненабагато перевищить граничне значення, то пороговий пристрій сформує сигнал, загориться сигнальна лампа. Якщо ж граничне значення струму електромагніту перевищено, то сигнал з порогового пристрою 7 загальмує роботу генератора 1, скинувши його в 0.

Вибравши величину конденсатора C1 і опору R3 в колі оборотного зв'язку операційного підсилювача DA1, можна змінювати постійну часу пропорційно-інтегруючої ланки, тим самим керувати характером зміни швидкості якоря електромагніту.

### Висновки

У статті розглянуто питання підвищення надійності приводу електромагніту доменної печі за рахунок модернізації системи управління електромагнітом захоплення.

Розроблено пристрій, що забезпечує швидке підведення гака до петлі з наступним введенням гака в петлю із заданим змінням швидкості.

Дана розробка є легкою як в монтажі, так і в обслуговуванні, не потребує значних економічних витрат, однак її установка призведе до значного продовження терміну експлуатації електромагніту для закриття лютки доменної печі.

### Перелік використаних джерел:

1. Бабарькин Н.Н. Теория и технология доменного процесса / Н.Н. Бабарькин. – Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 257 с.
2. Рамм А.Н. Современный доменный процесс / А.Н. Рамм. – М. : Metallurgiya, 1980. – 303 с.
3. Агроник С.Г. Электрическое оборудование доменных цехов / С.Г. Агроник, М.Ю. Блатт, С.П. Скрыльников. – М. : Metallurgiya, 1966. – 196 с.
4. А.с. 419558 СССР, МПК С 21 в 7/12. Электропушка для забивки чугунной летки доменной печи / В.А. Шатлов, Б.П. Федосов, В.Г. Маньков, А.Г. Крупский, А.Я. Семенко, В.И. Бабенке. – № 1799693/22-2; заявл. 22.06.1972; опубл. 15.03.1974, Бюл. № 10.
5. Фираго Б.И. Теория электропривода / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Минск : Техноперспектива, 2004. – 414 с.

**References:**

1. Babarikin M.M. *Teoriia i tekhnologiia domennogo protsessa* [Theory and technology of the blast furnace process]. Magnitogorsk, GOU VPO «MGU» Publ., 2009. 257 p. (Rus.)
2. Ramm A.N. *Sovremennyi domennyi protsess* [Modern domain process]. Moscow, Metallurgii Publ., 1980. 303 p. (Rus.)
3. Agronik S.G., Blatt M.Iu., Skryl'nikov S.P. *Elektricheskoe oborudovanie domennykh tsekhov* [Electrical equipment of blast furnaces]. Moscow, Metallurgii Publ., 1966. 196 p. (Rus.)
4. Shatlov V.A., Fedosov B.P., Man'kov V.G., Krupskii A.G., Semenko A.Ia., Babenke V.I. *Elektricheskaya dlya zabivki chugunnoi letki domЕННОЙ pechi* [Electric gun for driving a cast-iron tap-hole in a blast furnace]. Certificate of authorship USSR, no. 419558, 1974. (Rus.)
5. Firago B.I., Pavlyachik L.B. *Teoriia elektroprivoda* [Theory of electric drive]. Minsk, ZAT «Technoperspective» Publ., 2004. 414 p. (Rus.)

Рецензент: С.К. Поднебенна  
канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла: 15.08.2020