



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 115884

(13) C2

(51) МПК

H05B 7/144 (2006.01)

G05F 1/20 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

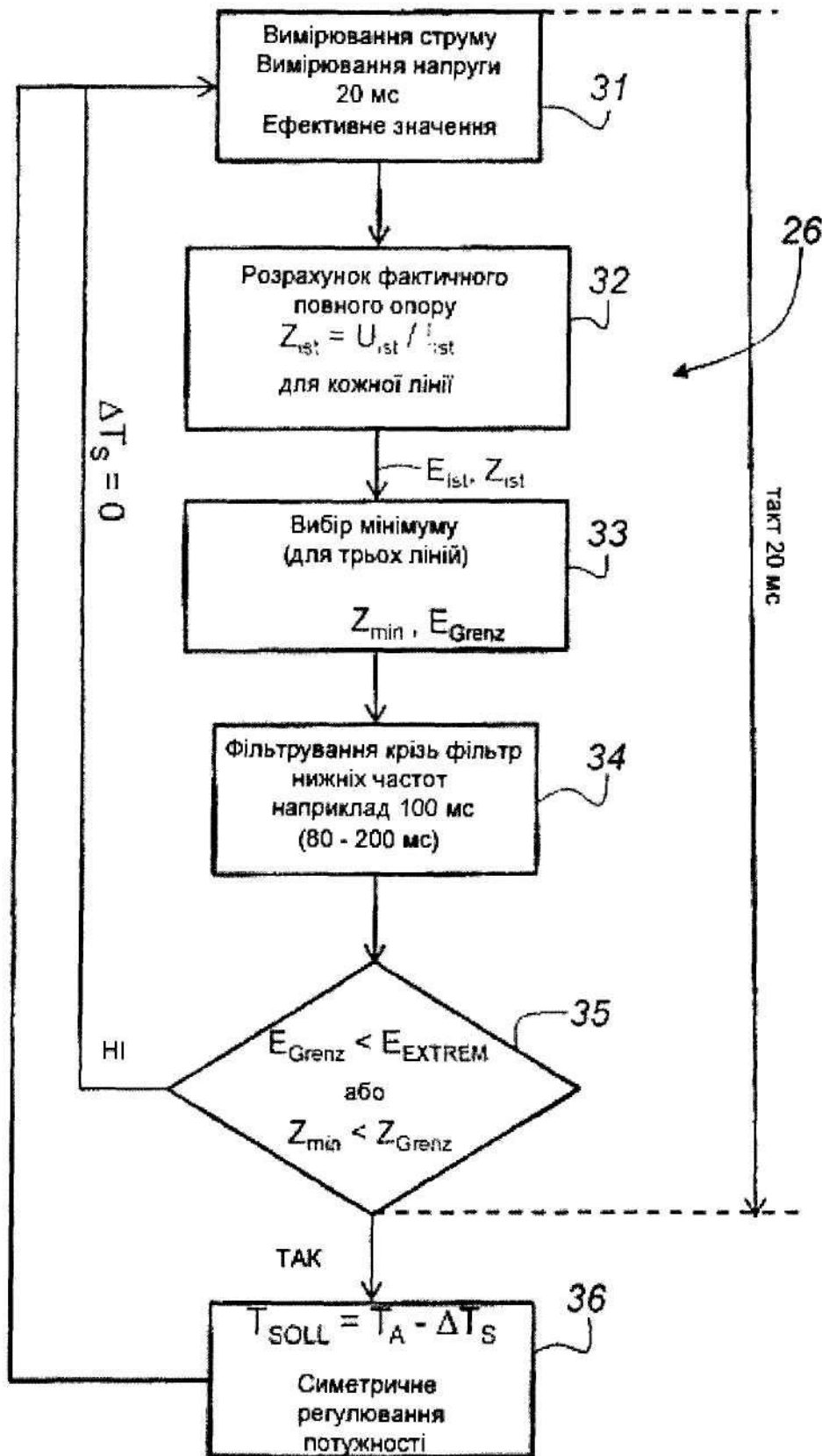
(21) Номер заявки:	а 2015 03532	(72) Винахідник(и):	Крюгер Клаус (DE), Дональ Дітер (DE), Фірекк Карстен (DE), Бабіцкій Алексей (DE)
(22) Дата подання заявки:	09.10.2013	(73) Власник(и):	МАШІНЕНФАБРІК РАЙНХАУЗЕН ГМБХ, Falkensteinstraße 8, 93059 Regensburg, Germany (DE)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.01.2018	(74) Представник:	Пахаренко Олександр Володимирович, реєстр. №136
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	10 2012 109 844.1	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	WO 92/063927 A2, 15.08.2002 WO 2012/104232 A2, 09.08.2012 US 2011/216802 A1, 08.09.2011 DE 102009 053169 A1, 21.04.2011 DE 3512189 C2, 05.09.1996
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	16.10.2012		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	DE		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.07.2015, Бюл.№ 13		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.01.2018, Бюл.№ 1		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/EP2013/071043, 09.10.2013		

## (54) ПРИСТРІЙ І СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОЇ ПЕЧІ У ПОЧАТКОВІЙ ФАЗІ ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ

### (57) Реферат:

Описаний пристрій і спосіб регулювання електродугової печі (10) у початковій фазі процесу плавлення. У кожній лінії (7) електродугової печі (10) передбачений датчик (16) для вимірювання поточної напруги і датчик (15) для вимірювання поточного струму. За допомогою блока (30) керування і регулювання залежно від часу розраховують фактичне значення ( $Z_{ist}$ ) повного опору. Пічний трансформатор (6), що містить первинну сторону (6P) і вторинну сторону (6S), оснащений силовим ступеневим перемикачем (20), виконаним у формі напівпровідникового ступеневого перемикача. Напівпровідниковий ступеневий перемикач (20) реалізує тривалість такту близько кількох мілісекунд.

UA 115884 C2



ФІГ. 3

Винахід стосується пристрою для регулювання електродугової печі у початковій фазі процесу плавлення. Зокрема, для цього у пристрої передбачено три лінії, в кожен з яких включений електрод і відповідний зовнішній провідник для підведення електроенергії. В кожній лінії передбачені датчик для вимірювання поточної напруги і датчик для вимірювання поточного струму. За допомогою блоку керування і регулювання розраховують залежне від часу фактичне значення електричного параметра для кожної лінії. Передбачений також принаймні один пічний трансформатор, що має первинну і вторинну сторони. За допомогою силового ступеневого перемикача підключають відводи обмотки первинної сторони, а три електроди електрично з'єднані з вторинною стороною принаймні одного пічного трансформатора.

Винахід стосується також способу регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення.

З опису винаходу до патенту Німеччини DE 35 12 189 C1 відомі способи і пристрої для регулювання електродугової печі. При цьому має бути забезпечена можливість точного, економічного і придатного до технічної реалізації без великих витрат регулювання напруги електричної дуги і висоти електродів. Для приведення в дію виконавчого елемента при регулюванні напруги трансформатора передбачений регулятор електричного струму, який для регулювання потужності підпорядкований регулятору потужності. Від регулятора потужності, якому підпорядкований, одержують також задавальні параметри для регулятора струму. На регулювання висоти електродів в усіх випадках безпосередньо діє лише регулятор струму. Завдяки цьому для застосовуваного приводу ступеневого перемикача трансформатора забезпечується можливість або підведення напруги трансформатора безпосередньо шляхом задавання відповідного значення, або встановлення напруги ступеневим перемикачем за допомогою вищеприписаного регулятора потужності. Підйомний привід приводять у дію за допомогою регулятора напруги, причому відповідну керуючу напругу одержують від регулятора струму або від регулятора зносу, або безпосередньо в формі заданого значення.

У заявці на європейський патент EP 2 362 710 A1 описані електродугова піч і спосіб експлуатації електродугової печі. Перше значення потужності випромінювання світлової дуги, утвореної принаймні одним із електродів, визначає перша група встановлених експлуатаційних параметрів. Електродугову піч експлуатують у відповідному режимі згідно із заданою програмою керування, яка ґрунтується на очікуваному перебігу технологічного процесу. Перевіряють, чи немає небажаного відхилення фактичного перебігу процесу від очікуваного. При виявленні такого відхилення задають друге, змінене значення потужності випромінювання. На підставі другого, зміненого значення потужності випромінювання визначають другу, змінену групу експлуатаційних параметрів. Спосіб дозволяє мінімізувати тривалість процесу розплавлення при помірному навантаженні засобів виробництва, зокрема системи охолодження електродугової печі.

Із викладеного опису винаходу до заявки на патент Німеччини DE 35 43 773 A1 відомий спосіб експлуатації електродугової печі, причому забезпечується можливість розплавлення сировинного матеріалу при значних коливаннях його параметрів із мінімальним споживанням електроенергії. Пічний трансформатор оснащений силовим перемикачем для регулювання вихідної напруги на вторинній стороні трансформатора. Керування здійснюється шляхом перемикачання відводів обмотки пічного трансформатора або піднімання та опускання графітових електродів за допомогою підйомного пристрою для зміни довжини електричної дуги. Одночасно вимірюють силу електричного струму на ділянці між вторинною стороною пічного трансформатора та електродом електродугової печі. Якщо електродугова піч працює на електричному струмі, керування яким здійснюють описаним вище чином, споживання електроенергії в процесі розплавлення зменшується, що дозволяє мінімізувати витрату отримуваної електроенергії.

У заявці на патент Німеччини DE 10 2009 017196 A1 описаний ступеневий перемикач із напівпровідниковими перемикальними елементами для безрозривного перемикачання нерухомих контактів ступеневого перемикача, які електрично з'єднані з відводами обмотки ступеневого трансформатора. При цьому кожен із нерухомих контактів ступеневого перемикача безпосередньо або під час перемикачання може бути з'єднаний із силовим відводом через відповідний напівпровідниковий перемикальний елемент. Силовий відвід оснащений нерухомими секціонованими відвідними контактними елементами для забезпечення гальванічної розв'язки між напівпровідниковими перемикальними елементами та обмоткою трансформатора в стаціонарному режимі. Але така конструкція ступеневих перемикачів із напівпровідниковими перемикальними елементами має різні недоліки. Внаслідок тривалого прикладення робочої напруги і навантаження силових електронних компонентів миттєвою імпульсною напругою слід забезпечувати великі ізолюючі проміжки, що є небажаним.

Як відомо з рівня техніки, електричними елементами для керування чи регулювання режиму роботи електродугової печі є пічний трансформатор, електричний дросель і система тримачів електродів. Для забезпечення трифазної електродугової печі електричною енергією застосовують пічні трансформатори із вбудованим ступеневим перемикачем. Шляхом

5 відповідного вибору ступенів трансформатора можна встановлювати відповідну кількість електричної енергії, яка має бути підведена.

Електричний дросель, включений перед трансформатором із можливістю вмикання під навантаженням, призначений для регулювання реактивності контуру електричного струму, завдяки чому забезпечується можливість експлуатації печі в режимі зі стабільною електричною

10 дугою, а також обмеження струму короткого замикання. Залежно від перебігу технологічного процесу вибирають відповідний ступінь трансформатора та включеного перед ним дроселя. Це може бути здійснене оператором печі в ручному режимі або за допомогою вбудованих пристроїв керування чи регулювання.

При ручному режимі регулювання досвідчений оператор печі може оцінювати поточну

15 кількість введеної енергії на підставі кольору металоприймача і його вмісту. Таким чином забезпечується можливість суб'єктивного спостереження за станом печі та перебігом процесу розплавлення. В критичних ситуаціях (наприклад, при пошкодженні вогнестійкого облицювання печі) режим роботи печі регулюють шляхом вибору відповідного ступеня напруги трансформатора.

При автоматичному регулюванні ступені напруги трансформатора і в разі необхідності дроселя узгоджують із поточною кількістю введеної енергії. В принципі на початковій "стадії пропалювання" (пропалювання шару скрапу електричною дугою) для підтримання якомога

20 більш стабільної електричної дуги (дросель із перемиканням відводів під навантаженням (OLTC-дросель) - найвищий ступінь) потрібна велика індуктивність. На останній стадії "рідка ванна" послідовно включений дросель вимикають для зменшення реактивної потужності.

На стадії пропалювання скрапу для забезпечення щадного режиму для вогнестійкого облицювання, а також даху печі вибирають нижчий ступінь напруги (коротка електрична дуга). Після занурення електричної дуги в спінений шлак вибирають найвищий ступінь напруги для збільшення кількості енергії, введеної в розплав. На останній стадії вибирають дещо нижчий

30 ступінь напруги, причому встановлюють максимально високий електричний струм для введення великої кількості енергії.

Описані вище операції, зокрема при ручному та автоматичному регулюванні, недостатньо відображають фактичний перебіг технологічного процесу. Новітні системи регулювання також неспроможні реагувати на швидкі зміни в системі з дотриманням відповідних постійних часу

35 (наприклад у мілісекундному діапазоні).

Для ступеневих перемикачів у пічних трансформаторах та електричних дроселях високу частоту перемикань залежно від найрізноманітніших стратегій перемикання, вибраних клієнтами, вважають технічним стрес-фактором. Причиною цього є насамперед обгоряння контактів, а також знос механічних конструктивних елементів у ступеневих перемикачах.

Оскільки роботи з технічного обслуговування ступеневих перемикачів зазвичай спричиняють значні витрати і насамперед витратомістке переривання виробничого процесу, для користувачів безсумнівно бажаним є подовження інтервалів технічного обслуговування для зменшення витрат на технічне обслуговування ступеневих перемикачів у разі можливості.

Задачею винаходу є розроблення пристрою для регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення, який забезпечує можливість швидкого узгодження напруги для уникнення струму перевантаження.

Задачу вирішено в пристрої для регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення ознаками пункту 1 формули винаходу.

Задачею винаходу є також розроблення способу регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення, який забезпечує можливість швидкого узгодження напруги для уникнення струму перевантаження.

Задачу вирішено в способі регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення ознаками пункту 3 формули винаходу.

Відповідний винаходів пристрій для регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення відрізняється тим, що силовий ступеневий перемикач виконаний у формі напівпровідникового ступеневого перемикача, який забезпечує можливість досягнення тривалості такту в діапазоні кількох мілісекунд. Саме в початковій фазі процесу плавлення осідання маси скрапу навколо електродів призводить до коротких замикань, які спричиняють великі струми перевантаження. Ці струми перевантаження необхідно уникати шляхом

60 тривалого узгодження кількості електроенергії, підведеної до електродів, чи зменшувати до

такого рівня, який не призводить до пошкодження електродугової печі або вогнестійкого облицювання печі.

Згідно з формою виконання винаходу, блок керування і регулювання працює за алгоритмом, який дозволяє розраховувати задане положення напівпровідникового ступеневого перемикача.

Задане положення напівпровідникового перемикача дозволяє регулювати граничне значення електричного струму, причому залежно від результатів вимірювання, отриманих від датчиків у кожній лінії, і відповідних результуючих фактичних значень електричних параметрів можна розраховувати відповідне граничне значення струму. При цьому напівпровідниковий ступеневий перемикач можна встановлювати в задане положення, яке відповідає заданому відводу обмотки.

Відповідний винаходові спосіб відрізняється тим, що:

- вимірюють електричний струм і напругу для кожної з трьох ліній вторинної сторони пічного трансформатора у кожній лінії;

- на підставі заданих блоком керування і регулювання робочих параметрів за допомогою регулювального алгоритму розраховують відповідну задану напругу для зовнішнього провідника і відповідний заданий відвід обмотки первинної сторони пічного трансформатора для дотримання верхнього граничного значення струму; і

- за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача для всіх ліній електродугової печі симетрично вибирають заданий відвід обмотки на первинній стороні пічного трансформатора, який має бути підключений, і встановлюють напівпровідниковий перемикач у відповідне задане положення.

Заданими робочими параметрами електродугової печі є електричні параметри, наприклад напруга, сила електричного струму і повний опір ліній, а також підключення відводів обмотки пічного трансформатора при запуску електродугової печі.

Задане значення електричного параметра розраховують таким чином, що з-поміж ліній вибирають таку, в якій фактичне значення електричного параметра є екстремальним. Потім порівнюють, чи є екстремум фактичного значення електричного параметра менше, ніж його граничне значення. Фактичне значення електричного параметра може бути повним опором або повною провідністю. Можливими є характеристичні фактичні значення інших електричних параметрів. Застосування повного опору або повної провідності не є обмеженням винаходу.

Зазвичай тривалість такту для визначення заданого положення напівпровідникового ступеневого перемикача і відповідного перемикачання на заданий відвід обмотки пічного трансформатора становить близько 20 мс.

Для визначення електричних параметрів здійснюють фільтрування за допомогою фільтра нижніх частот, узгоджене з динамікою процесу регулювання. Може бути здійснене також асиметричне узгодження напруги зовнішніх провідників на вторинній стороні пічного трансформатора.

У тому випадку, коли фактичним значенням електричного параметра є значення повного опору, граничного значення повного опору уникають шляхом перемикачання напівпровідникового ступеневого перемикача на відвід обмотки первинної сторони пічного трансформатора, напруга на якому є найнижчою. Таким чином зменшують напругу на вторинній стороні пічного трансформатора. Зменшення напруги на вторинній стороні пічного трансформатора здійснюють окремо для кожної лінії.

Ці та інші ознаки і переваги різних описаних форм виконання винаходу далі пояснюються докладніше із посиланням на креслення, причому однакові елементи на всіх кресленнях мають однакові позиційні позначення. На кресленнях наведено:

Фіг. 1 Схематичне зображення системи для плавлення металу в електродуговій печі;

Фіг. 2 Схема підключення блока регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення в загальну систему регулювання електродугової печі; та

Фіг. 3 Блок-схема процесу регулювання електродугової печі в початковій фазі процесу плавлення, і

Фіг. 4 Графік залежності різниці між напругами на відводах обмотки від різниці між значеннями повного опору.

На фіг. 1 наведене схематичне зображення системи 1 для плавлення металу в електродуговій печі 10. Електродугова піч 10 містить металоприймач 11, в якому розплавляють сталевий скрап і одержують розплав 3. Металоприймач 11 може бути оснащений кришкою (на кресленні не зображена). Передбачене водяне охолодження стінки 12 і кришки. Залежно від режиму роботи електродугової печі 10 вона містить один або три електроди 4. У трифазній електродуговій печі 10 застосовано три електроди 4. Далі ідея винаходу пояснюється на

прикладі трифазної електродугової печі. Внутрішня поверхня стінки 13 електродугової печі 10 облицьована вогнестійким матеріалом (на кресленні не зображеним).

Електроди 4 встановлені на тримачі (на кресленні не зображений) і в разі необхідності можуть бути введені у металоприймач 11. До кожного з електродів 4 приєднаний зовнішній провідник 5, причому всі зовнішні провідники з'єднані із вторинною стороною 6S пічного трансформатора 6. Таким чином, зовнішній провідник 5 із електродами 4 утворюють фазу чи лінію 7 контуру трифазного струму. Необхідну високу напругу на первинній стороні 6P пічного трансформатора 6 забезпечують від мережі 9 електроживлення. Із первинною стороною 6P пічного трансформатора 6 з'єднаний силовий ступеневий перемикач 20, виконаний у формі напівпровідникового ступеневого перемикача.

Блок 30 керування і регулювання взаємодіє з напівпровідниковим ступеневим перемикачем 20 для підключення відводів  $T_{S1}$ - $T_{SN}$  пічного трансформатора 6 на первинній стороні 6P з метою забезпечення підведення до них відповідної напруги і відповідного струму, і встановлення в лініях 7 відповідного заданого фактичного значення електричного параметра  $E_{ist}$ . Електричним фактичним параметром  $E_{ist}$  може бути, наприклад, повний опір  $Z$  або повна провідність  $Y$ . На первинній стороні 6P пічного трансформатора 6 передбачено кілька відводів  $T_{S1}$ - $T_{SN}$  обмотки, які підключають за допомогою напівпровідникових перемикальних елементів  $S_1$ - $S_N$  напівпровідникового ступеневого перемикача 20. На блок 30 керування і регулювання надходять вхідні сигнали від датчиків 15 струму і датчиків 16 напруги, які включені в лінії 7 електродугової печі 10. На підставі вхідних даних блок 30 керування і регулювання визначає послідовність перемикачів напівпровідникового ступеневого перемикача 20 і підключення потрібного відводу  $T_{S1}$ - $T_{SN}$  обмотки на первинній стороні 6P пічного трансформатора, завдяки чому забезпечується обмеження електричного струму в лініях 7 чи в спеціальній лінії 7. Датчики 15 струму і датчики 16 напруги можуть бути також включені у відповідні лінії 8 до первинної сторони 6P пічного трансформатора 6.

У початковій фазі процесу плавлення в електродуговій печі 10 виникають значні коливання електричного струму і напруги. Ці коливання часто можуть призводити до коротких замикань і взагалі до значного перевищення електричного струму. Це пов'язане з локальним осіданням маси скрапу. Коливання електричного струму можна значно зменшити за допомогою відповідного винаходів швидкодіючого напівпровідникового ступеневого перемикача 20. Гостроту такої ситуації можна значно зменшити за допомогою відповідного винаходів швидкодіючого напівпровідникового ступеневого перемикача 20. В екстремальному випадку напівпровідниковий перемикач 20 здійснює перемикач на відвід  $T_{S1}$  обмотки (чи ступінь трансформатора), напруга на якому є найнижчою, в результаті чого одержують найнижчу напругу пічного трансформатора 6. Цей процес може бути здійснений також несиметрично, тобто окремо для кожної лінії 7. Крім цього, напівпровідниковий ступеневий перемикач 20 забезпечує можливість безпосереднього перемикач на відвід  $T_{S1}$  із найнижчою напругою без послідовного підключення проміжних відводів обмотки.

Блок 30 керування і регулювання реалізує алгоритм регулювання, за допомогою якого розраховується задане положення  $S_{SOLL}$  напівпровідникового ступеневого перемикача 20. Таким чином може бути встановлене граничне значення  $I_{Grenz}$  струму, причому може бути розраховане задане положення  $S_{SOLL}$  напівпровідникового перемикача 20 залежно від значень, вимірюваних датчиками 15, 16 кожної лінії 7, та відповідних результуючих фактичних електричних параметрів  $E_{ist}$  для відповідного граничного значення  $I_{Grenz}$  струму. Напівпровідниковий ступеневий перемикач 20 встановлюють у відповідне заданому відводу  $T_{SOLL}$  задане положення  $S_{SOLL}$ .

На фіг. 2 наведена схема підключення блока регулювання електродугової печі 10 в початковій фазі процесу плавлення у загальну регульовальну систему 22 електродугової печі 10. Загальна регульовальна система електродугової печі 10 реалізована за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача 20. Блок 24 регулювання потужності залежно від температури працює із тактовою частотою близько 1 секунди. Блок 26 регулювання струму перевантаження працює із тактовою частотою близько 20 мілісекунд. Блок 28 регулювання рівня флікер-шуму працює з частотою близько 10 мілісекунд. Тактова частота кожного із блоків регулювання відповідає частоті повторення відповідних операцій регулювання. В результаті вимірювань за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача 20 може бути здійснене перемикач на відповідний відвід  $T_{S1}$ - $T_{SN}$  обмотки на первинній стороні 6P пічного трансформатора 6 для забезпечення необхідного регулювання електродугової печі 10 з метою мінімізації або виключення струмів перевантаження. За допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача 20 можна здійснювати симетричне або несиметричне регулювання потужності електродугової печі 10 відносно утворюваного струму перевантаження. Несиметричне регулювання електродугової печі 10 в початковій фазі процесу плавлення

означає не зв'язану зміну регульованих напруг на зовнішніх провідниках 5. Як вже було вказано, тактова частота при цьому становить близько 20 мс.

На фіг. 3 наведена діаграма процесу регулювання електродугової печі 6 в початковій фазі процесу плавлення. Для цього регулювання застосовують блок 26 регулювання струму перевантаження, який забезпечує можливість оперативного реагування на швидкі зміни струму в початковій фазі процесу плавлення. У наступному описі як електричний параметр застосовують повний опір  $Z$ . Це не слід розуміти як обмеження винаходу. При цьому, як зображено на фіг. 4, не на кожну зміну струму необхідно реагувати при перемиканні відводів  $T_{S1}$ - $T_{SN}$  обмотки за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача 20. Якщо виміряний повний опір  $Z_{ist}$  протягом певного часового інтервалу є меншим, ніж граничне значення  $Z_{Grenz}$  повного опору, втручання за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача 20 є необхідним. Усунення струму перевантаження забезпечується шляхом перемикання напівпровідникового ступеневого перемикача 20 на відвід  $T_{S1}$  обмотки з найменшою напругою або на заданий відвід  $T_{SOLL}$  обмотки.

При здійсненні процесу, який зображений на фіг. 3, на першій стадії 31 вимірюють електричний струм і напругу та визначають поточний струм  $I_{ist}$  і поточну напругу  $U_{ist}$ . Для цього, як зображено на фіг. 1, в кожній лінії 7 передбачені відповідні датчики 15 струму і датчики 16 напруги. На другій стадії 32 для кожної лінії 7 розраховують поточний повний опір  $Z_{ist}$ . На третій стадії 33 з-поміж трьох ліній 7 вибирають лінію з найменшим повним опором  $Z_{min}$ . Для визначення лінії 7 із найнижчим повним опором  $Z_{min}$  для всіх ліній 7 здійснюють фільтрування значень найнижчого повного опору  $Z_{min}$  за допомогою фільтра 34 нижніх частот. На порівняльній стадії 35 перевіряють, чи є найменший повний опір  $Z_{min}$  нижчим, аніж граничне значення  $Z_{Grenz}$  повного опору.

Насамкінець на останній стадії 36 можна розрахувати найвищий струм, що відповідає найнижчому повному опору  $Z_{min}$ . За допомогою регулятора характеристики можна розрахувати необхідну різницю  $\Delta T_S$  між напругами на відводах обмотки, яка залежить від граничного значення  $Z_{Grenz}$  повного опору і виміряного мінімального повного опору  $Z_{min}$ . Значення цієї різниці  $\Delta T_S$  віднімають від значення напруги на поточному відводі  $T_A$  обмотки (ступеня трансформатора). Ступінь  $T_S$  напруги на первинній стороні 6P пічного трансформатора 6, який має бути підключений, розраховують на підставі різниці між значенням напруги на поточному відводі  $T_A$  обмотки на первинній стороні 6P пічного трансформатора 6 і значенням  $\Delta T_S$  різниці між напругами на відводах обмотки на первинній стороні 6P пічного трансформатора 6. Регулювання потужності пічного трансформатора 6 шляхом підключення відповідного відводу  $T_S$  обмотки первинної сторони 6P здійснюють симетрично за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача 20 для всіх ліній 7 електродугової печі 10. Тактова частота при цьому становить близько 20 мс.

Поточний повний опір  $Z_{ist}$  зменшують до значення нижче граничного значення  $Z_{Grenz}$  повного опору за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача 20 шляхом його перемикання на відвід обмотки первинної сторони 6P пічного трансформатора 6 із найнижчою напругою. Таким чином знижують напругу на вторинній стороні 6S пічного трансформатора 6. Зменшення напруги на вторинній стороні 6S пічного трансформатора 6 може бути здійснене окремо в кожній окремій лінії 7.

Описані дві форми виконання винаходу. Проте, для фахівців є самозрозумілим, що винахід можна змінювати і модифікувати, не порушуючи обсягу правової охорони наведеної далі формули винаходу.

Позиційні позначення

1 Пристрій

3 Розплав

4 Електрод

5 Зовнішній провідник

6P Пічний трансформатор 6P Первинна сторона

6S Вторинна сторона

7 Лінія, фаза

8 Підвідні лінії

9 Мережа енергозабезпечення

10 Електродугова піч

11 Металоприймач

12 Зовнішня стінка

13 Внутрішня стінка

15 Датчик струму

	16 Датчик напруги
	20 Силовий ступеневий перемикач, напівпровідниковий ступені
	22 Загальна система регулювання
	24 Регулювання потужності залежно від температури
5	26 Регулювання струму перевантаження
	28 Регулювання рівня флікер-шуму
	30 Блок керування і регулювання
	31 Перша стадія
	32 Друга стадія
10	33 Третя стадія
	34 Фільтрування за допомогою фільтра нижніх частот
	35 Стадія порівняння
	36 Остання стадія
	$T_{S1}-T_{SN}$ Відвід обмотки, ступінь трансформатора
15	$T_A$ Поточний відвід обмотки
	$T_{SOLL}$ Заданий відвід обмотки
	$\Delta T_S$ Різниця між напругами на відводах обмотки
	$S_1-S_N$ Напівпровідниковий перемикальний елемент
	$S_{SOLL}$ Задане положення
20	$E_{ist}$ Фактичне значення електричного параметра
	$E_{EXTREM}$ Екстремум фактичного значення електричного параметра
	$E_{Grenz}$ Границя фактичного значення електричного параметра
	$I_{MAX}$ Верхнє граничне значення струму
	$I_{Grenz}$ Граничне значення струму
25	$U_{ASOLL}$ Задане значення напруги на зовнішньому провіднику
	$Y$ Повна провідність
	$Z$ Повний опір
	$Z_{Grenz}$ Граничне значення повного опору
	$Z_{Min}$ Мінімальне значення повного опору
30	$Z_{jst}$ Поточне значення повного опору

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Пристрій для регулювання електродугової печі (10) в початковій фазі процесу плавлення, що містить:
- три лінії (7), кожна з яких містить відповідний електрод (4) і відповідний зовнішній провідник (5) для підведення електричної енергії, причому в кожен ліній (7) включений датчик (16) для вимірювання поточної напруги і датчик (15) для вимірювання поточного струму;
- блок (30) керування і регулювання, виконаний з можливістю розрахунку фактичного значення електричного параметра ( $E_{ist}$ ) для кожної лінії (7) залежно від часу;
- принаймні один пічний трансформатор (6), що має первинну сторону (6P) і вторинну сторону (6S);
- принаймні один силовий ступеневий перемикач (20) для перемикання відводів ( $T_{S1}-T_{SN}$ ) первинної сторони (6P), причому три електроди (4) електрично з'єднані з вторинною стороною (6S), який **відрізняється** тим, що силовий ступеневий перемикач виконаний у формі напівпровідникового ступеневого перемикача (20), що має тривалість такту перемикання в діапазоні 20 мілісекунд.
2. Пристрій за пунктом 1, причому блок (30) керування і регулювання виконаний із можливістю реалізації алгоритму регулювання для розрахунку заданого положення ( $S_{SOLL}$ ) напівпровідникового ступеневого перемикача (20) для встановлення граничного значення ( $I_{Grenz}$ ) струму, а також розрахунку відповідного граничного значення ( $I_{Grenz}$ ) струму залежно від значень, виміряних датчиками (15, 16) кожної лінії (7), і відповідних результуючих фактичних значень ( $E_{ist}$ ) електричного параметра, і встановлення у відповідне заданому відводу ( $T_{SOLL}$ ) обмотки задане положення ( $S_{SOLL}$ ).
3. Спосіб регулювання електродугової печі (10) у початковій фазі процесу плавлення, що включає наведені далі стадії:
- вимірювання струму і напруги для кожної з трьох ліній (7) вторинної сторони (6S) пічного трансформатора (6);
- розрахунок відповідної заданої напруги ( $U_{ASOLL}$ ) на зовнішньому провіднику і відповідного заданого відводу ( $T_{SOLL}$ ) обмотки первинної сторони (6P) пічного трансформатора (6) на підставі



робочих параметрів, заданих блоком (20) керування і регулювання згідно з алгоритмом регулювання для дотримання верхнього граничного значення ( $I_{MAX}$ ) струму;

вибір заданого відводу ( $T_{SOLL}$ ) обмотки на первинній стороні (6P), який має бути підключений, симетрично для всіх ліній (7) електродугової печі (10) за допомогою напівпровідникового ступеневого перемикача (20) шляхом його встановлення у відповідне задане положення ( $S_{SOLL}$ ).

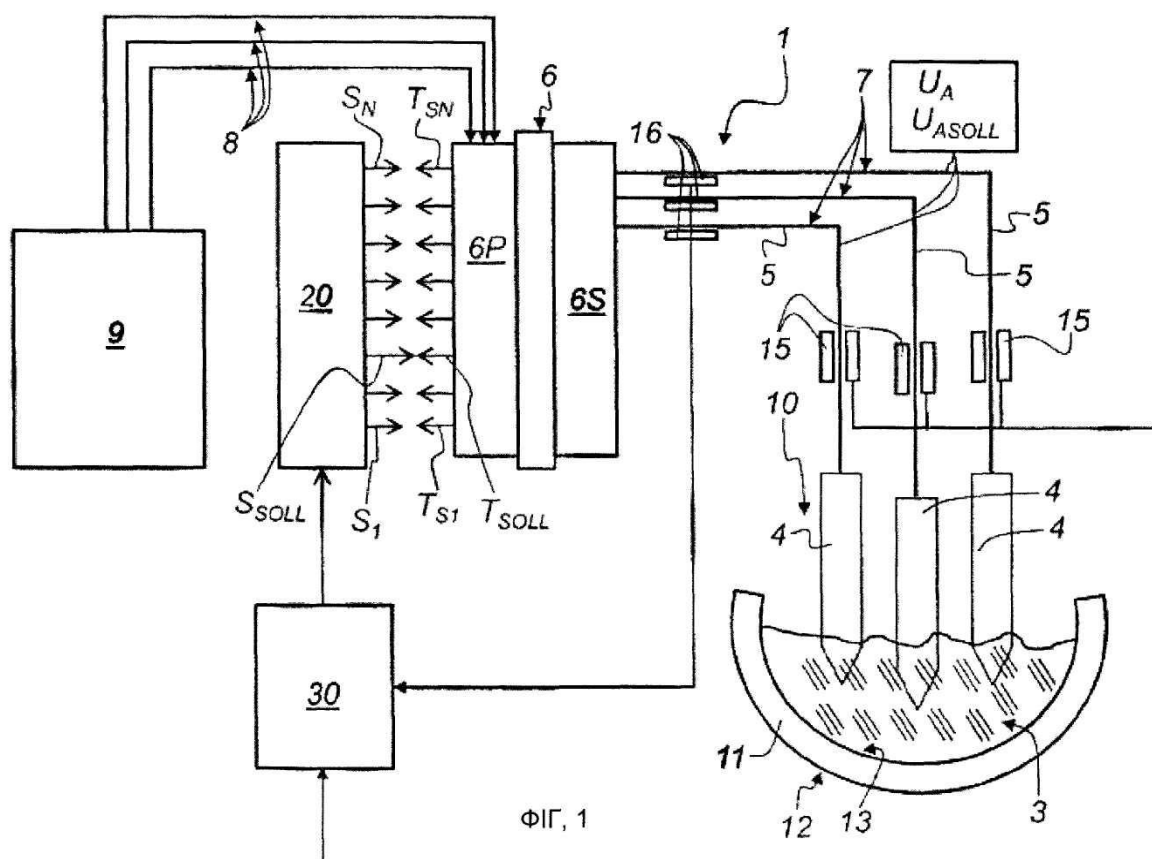
4. Спосіб за пунктом 3, причому для кожної лінії (7) розраховують фактичне значення ( $E_{ist}$ ) електричного параметра, з-поміж ліній (7) вибирають лінію, в якій фактичне значення електричного параметра є екстремальним ( $E_{EXTREM}$ ), після чого порівнюють, чи є екстремум ( $E_{EXTREM}$ ) фактичного значення електричного параметра меншим, ніж границя ( $E_{Grenz}$ ) фактичного значення електричного параметра.

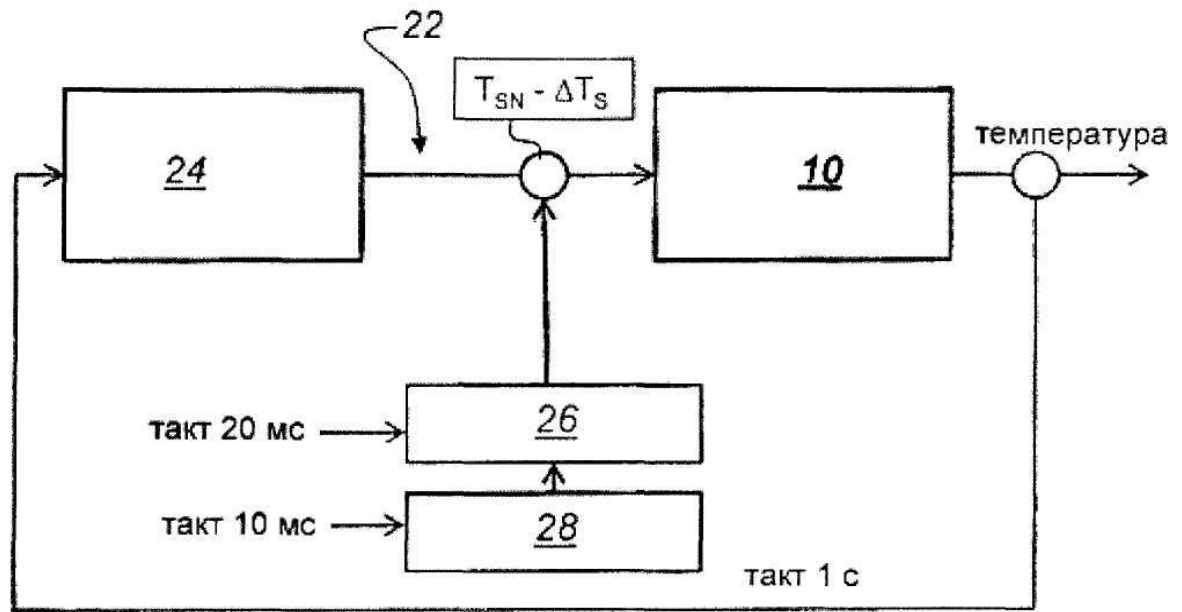
5. Спосіб за пунктами 3-4, причому як фактичне значення ( $E_{isl}$ ) електричного параметра використовують значення повного опору ( $Z$ ) або повної провідності ( $Y$ ).

6. Спосіб за пунктами 3-5, причому тривалість такту визначення заданого положення ( $S_{\text{SOLL}}$ ) напівпровідникового ступеневого перемикача (20) і відповідного перемикання на заданий відвід ( $T_{\text{SOLL}}$ ) обмотки лежить в діапазоні 20 мс.

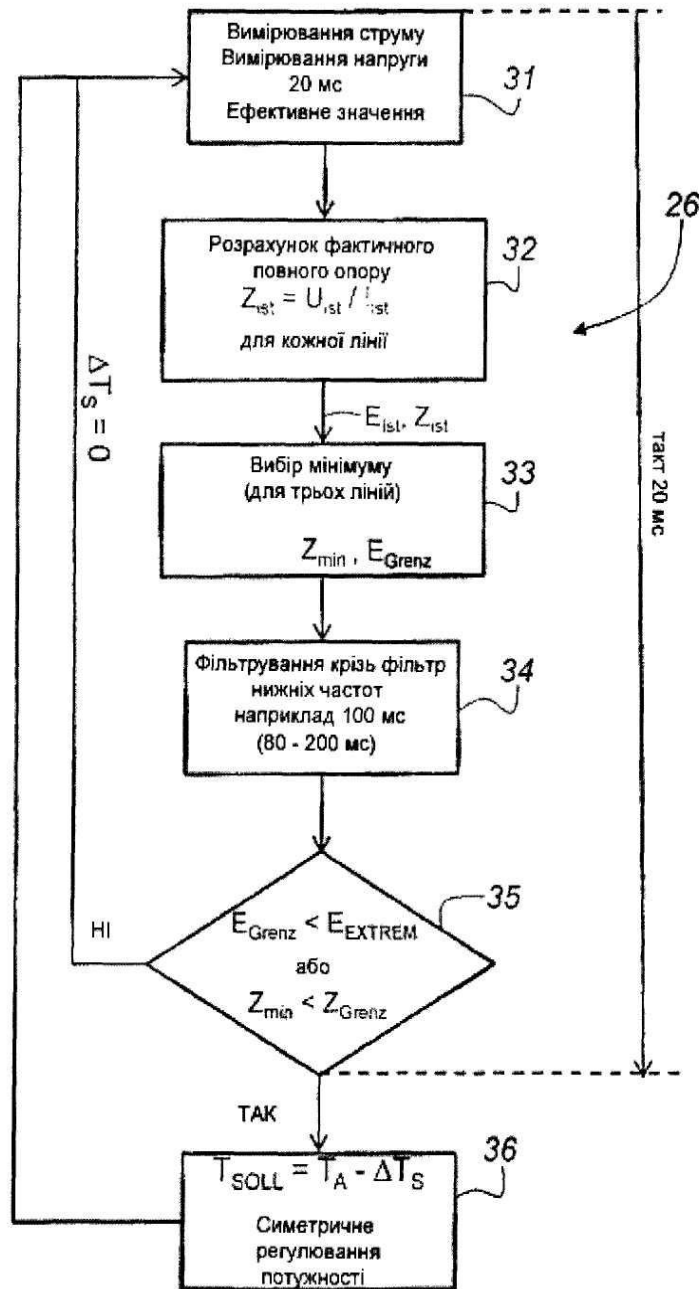
7. Спосіб за пунктом 3, причому для визначення електричних параметрів здійснюють узгоджене з динамікою процесу регулювання фільтрування за допомогою фільтра нижніх частот.

8. Спосіб за пунктами 3-7, причому узгодження напруг на зовнішніх провідниках на вторинній стороні (6S) здійснюють асиметрично.

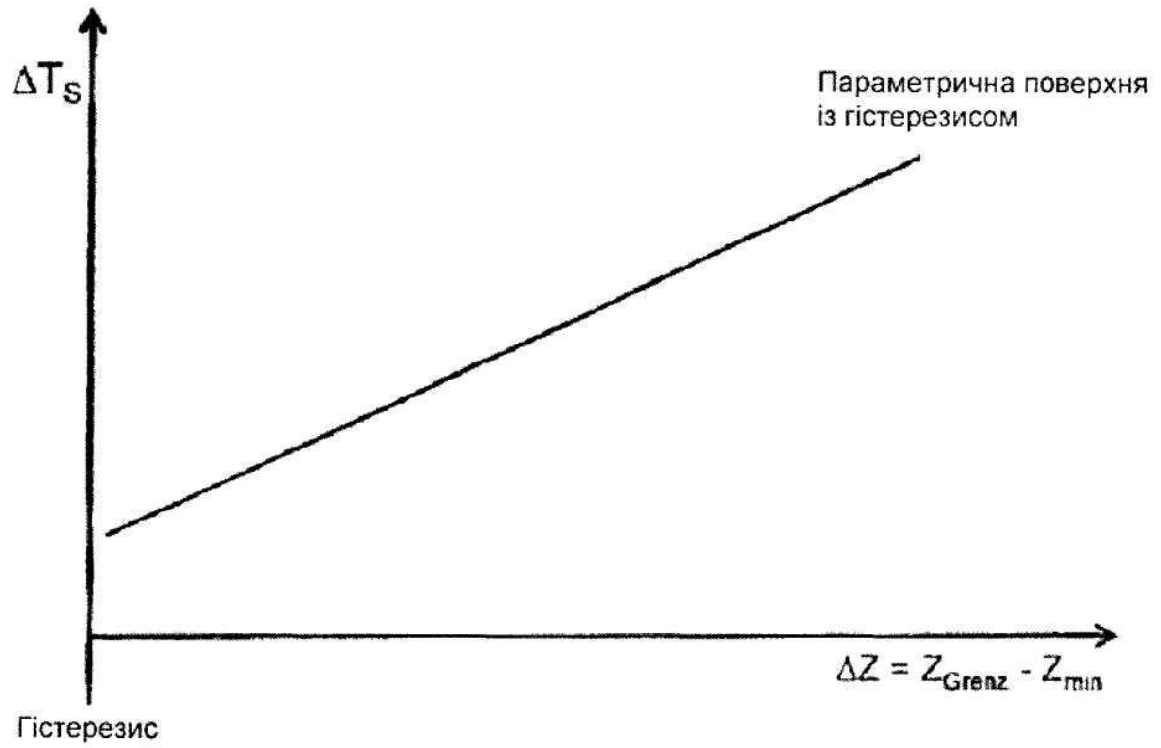




ФІГ. 2



ФІГ. 3



ФІГ. 4

---

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601