



⑰ Numer zgłoszenia: 276667

⑤① IntCl⁵:
G01R 19/00

Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

⑳ Data zgłoszenia: 21.12.1988

⑤④

Sposób wyznaczania napięć łuków elektrycznych w trójfazowym piecu łukowym

CZYTELNIA
OGÓLNA

④③ Zgłoszenie ogłoszono:
25.06.1990 BUP 13/90

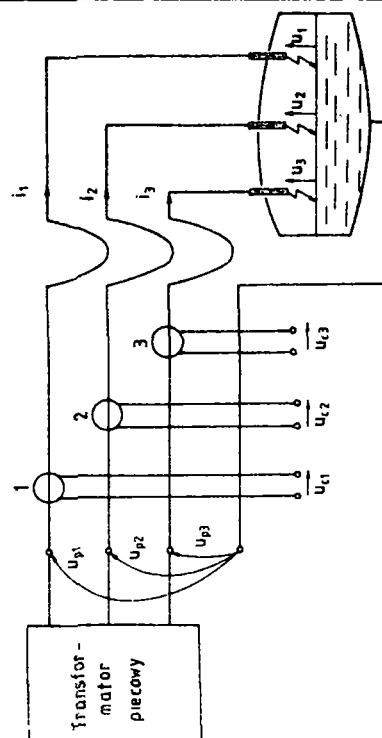
⑦③ Uprawniony z patentu:
Politechnika Śląska
im. Wincentego Pstrowskiego, Gliwice, PL

④⑤ O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.11.1992 WUP 11/92

⑦② Twórcy wynalazku:
Zygmunt Kuczewski, Gliwice, PL
Bernard Baron, Gliwice, PL
Zygmunt Garczarczyk, Gliwice, PL

⑤⑦

Sposób wyznaczania napięć łuków elektrycznych w trójfazowym piecu łukowym, które dla każdej fazy są sumą algebraiczną napięcia fazowego mierzonego na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego, spadku napięcia na rezystancji toru wielkopięradowego pieca oraz napięć zależnych od iloczynu parametrów indukcyjnych toru wielkopięradowego i pochodnych czasowych prądów danej fazy obwodu i jednej z faz sąsiednich, które są proporcjonalne do napięć na cewkach Rogowskiego umieszczonych w tych fazach, znamienny tym, że wstępne wartości parametrów indukcyjnych toru wielkopięradowego pieca wyznacza się przy trzech kombinacjach dwufazowego pieca w oparciu o pomiary napięć fazowych na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego i napięć na cewkach Rogowskiego umieszczonych w każdej fazie toru, w momencie przejścia wartości chwilowej prądu w obwodzie przez zero, a bieżące korekty wartości parametrów indukcyjnych toru dokonuje się w oparciu o pomiary napięć fazowych na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego i napięć na cewkach Rogowskiego umieszczonych w trzech kolejnych chwilach czasu, dla których wartości chwilowe prądów kolejnych faz osiągają zero.



Sposób wyznaczania napięć łuków elektrycznych w trójfazowym piecu łukowym

Zastrzeżenie patentowe

Sposób wyznaczania napięć łuków elektrycznych w trójfazowym piecu łukowym, które dla każdej fazy są sumą algebraiczną napięcia fazowego mierzonego na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego, spadku napięcia na rezystancji toru wielkoprądowego pieca oraz napięć zależnych od iloczynu parametrów indukcyjnych toru wielkoprądowego i pochodnych czasowych prądów danej fazy obwodu i jednej z faz sąsiednich, które są proporcjonalne do napięć na cewkach Rogowskiego umieszczonych w tych fazach, **znamienny tym**, że wstępne wartości parametrów indukcyjnych toru wielkoprądowego pieca wyznacza się przy trzech kombinacjach dwufazowego pieca w oparciu o pomiary napięć fazowych na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego i napięć na cewkach Rogowskiego umieszczonych w każdej fazie toru, w momencie przejścia wartości chwilowej prądu w obwodzie przez zero, a bieżącej korekty wartości paramterów indukcyjnych toru dokonuje się w oparciu o pomiary napięć fazowych na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego i napięć z cewek Rogowskiego umieszczonych w każdej fazie obwodu w trzech kolejnych chwilach czasu, dla których wartości chwilowe prądów kolejnych faz osiągają zero.

* * *

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania napięć łuków elektrycznych w trójfazowym piecu łukowym w trakcie procesu wytopu stali.

Napięcia te dla każdej fazy są sumą algebraiczną napięcia fazowego mierzonego na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego, spadku napięcia na rezystancji toru wielkoprądowego pieca oraz napięć zależnych od iloczynu parametrów indukcyjnych toru i pochodnych czasowych prądów danej fazy obwodu i jednej z faz sąsiednich, które są proporcjonalne do napięć na cewkach Rogowskiego umieszczonych w tych fazach.

W czasie procesu wytopu na skutek zmian wzajemnego położenia części giętkich toru wielkoprądowego jego parametry indukcyjne ulegają zmianie.

Znany jest z polskiego opisu patentowego nr 119 837 układ do pomiaru napięć łuku w piecach łukowych, w którym zastosowano cewki Rogowskiego jako źródła sygnałów napięciowych proporcjonalnych do pochodnych czasowych prądów w poszczególnych fazach obwodu. Sygnały te z odpowiednimi współczynnikami proporcjonalności są sumowane w układzie elektronicznym do napięć łuków dostępnych pomiarowo.

Rozwiązanie przedstawione w polskim opisie patentowym nr 147 005 również wykorzystuje cewki Rogowskiego w charakterze czujników pomiarowych. Sygnały napięciowe z cewek Rogowskiego przez układ wzmacniaczy różnicowych i potencjometrów są podawane na wejścia sumatorów i sumowane z napięciami uzyskanymi z przekładników napięciowych włączonych między odpowiednie przewody fazowe toru wielkoprądowego i punkt zerowy pieca. Wyjścia sumatorów przez przetworniki wartości skutecznych podłączone są do mierników napięcia stałego.

Istotą tych rozwiązań jest ciągły pomiar i przetwarzanie analogowe sygnałów pomiarowych. Istnieniem tu niebezpieczeństwo, że dryft układów analogowych spowoduje błędne określenie wartości napięć łuków.

Sposób wyznaczania napięć łuków elektrycznych według wynalazku polega na tym, że wstępne wartości parametrów indukcyjnych toru wielkoprądowego pieca wyznacza się przy trzech kombinacjach dwufazowego zasilania pieca w oparciu o pomiary napięć fazowych na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego i napięć na cewkach Rogowskiego umieszczonych w każdej fazie toru, w momencie przejścia wartości chwilowej prądu w obwodzie przez zero, bieżącej korekty wartości parametrów indukcyjnych toru dokonuje się w oparciu

o pomiary napięć fazowych na zaciskach transformatora piecowego względem przewodu pomiarowego i napięć z cewek Rogowskiego umieszczonych w każdej fazie obwodu w trzech kolejnych chwilach czasu, dla których wartości chwilowe prądów kolejnych faz osiągną zero.

Wynika stąd, że w czasie procesu wytopu w piecu możliwe jest aktualizowanie parametrów indukcyjnych toru wieloprądowego. Pozwala to na bieżąco, w kolejnych okresach obserwacji wyznaczać napięcia fazowe łuków.

Sposób wyznaczania napięć łuków elektrycznych według wynalazku opiera się na pomiarach w dyskretnych chwilach czasu obserwacji określonych wielkości, które są następnie przetwarzane. Pozwala to zmniejszyć wpływ fluktuacji procesu w piecu i dryftu układu pomiarowego na wyznaczanie napięć łuków.

Sposób według wynalazku objaśniono bliżej w oparciu o rysunek przedstawiający schematycznie część wieloprądową układu zasilania pieca łukowego wraz z przewodem pomiarowym. Napięcia fazowe łuku $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$ wyznacza się z równań:

$$\begin{aligned} u_1(t) &= u_{p1}(t) + L_1 \frac{di_2(t)}{dt} + L_2 \frac{di_3(t)}{dt} - R_1 i_1(t) \\ u_2(t) &= u_{p2}(t) + L_3 \frac{di_1(t)}{dt} + L_4 \frac{di_3(t)}{dt} - R_2 i_2(t) \\ u_3(t) &= u_{p3}(t) + L_5 \frac{di_1(t)}{dt} + L_6 \frac{di_2(t)}{dt} - R_3 i_3(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Do ich wyznaczenia niezbędna jest znajomość współczynników L_1, \dots, L_6 określonych wzorami:

$$\begin{aligned} L_1 &= M_{11} - M_{12} - M_{10} + M_{20} & L_4 &= M_{22} - M_{23} - M_{20} + M_{30} \\ L_2 &= M_{11} - M_{13} - M_{10} + M_{30} & L_5 &= M_{33} - M_{13} - M_{30} + M_{10} \\ L_3 &= M_{22} - M_{12} - M_{20} + M_{10} & L_6 &= M_{33} - M_{23} - M_{30} + M_{20} \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie: M_{ij} , $i, j = 1, 2, 3$ oznaczają indukcyjności wzajemne między fazami toru wieloprądowego, M_{i0} , $i = 1, 2, 3$ indukcyjności wzajemne przewodu pomiarowego z poszczególnymi fazami toru. Konieczna jest także znajomość rezystancji fazowych R_1 , R_2 , R_3 toru; napięć fazowych $u_{p1}(t)$, $u_{p2}(t)$, $u_{p3}(t)$ mierzonych między zaciskami transformatora piecowego a przewodem pomiarowym wyprowadzonym z wanny pieca.

Pochodne czasowe prądów

$$\frac{di_k(t)}{dt} \quad (k = 1, 2, 3)$$

można uzyskać przez pomiar napięć z cewek Rogowskiego 1, 2, 3 umieszczonych w poszczególnych fazach toru:

$$\frac{di_k(t)}{dt} = u_{ck}(t) / L_R \quad k = 1, 2, 3 \quad (3)$$

gdzie: L_R - stałe cewki Rogowskiego. Prądy $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$ uzyskuje się całkując zależności (3).

Współczynniki L_1, \dots, L_6 wyznacza się przy trzech kombinacjach dwufazowego zasilania pieca. Przy zasilaniu faz 1 i 2, gdy prąd $i_1(t)$ osiąga wartość zero w chwili t_x mierząc napięcia u_{p1} , u_{p2} , u_{c1} , u_{c2} otrzymuje się:

$$L_1 = - \frac{u_{p1}(t_x)}{u_{c2}(t_x)} L_R, \quad L_3 = - \frac{u_{p2}(t_x)}{u_{c1}(t_x)} L_R \quad (4)$$

Przy zasilaniu faz 2 i 3, gdy prąd $i_2(t)$ osiąga wartość zero w chwili t_y mierząc napięcia u_{p2} , u_{p3} , u_{c2} , u_{c3} otrzymuje się:

$$L_4 = - \frac{u_{p2}(t_y)}{u_{c3}(t_y)} L_R, \quad L_6 = - \frac{u_{p3}(t_y)}{u_{c2}(t_y)} L_R \quad (5)$$

Przy zasilaniu faz 1 i 3, gdy prąd $i_3(t)$ osiąga wartość zero w chwili t_z mierząc napięcia u_{p1} , u_{p3} , u_{c1} , u_{c3} otrzymuje się:

$$L_2 = - \frac{u_{p1}(t_z)}{u_{c3}(t_z)} L_R, \quad L_5 = - \frac{u_{p3}(t_z)}{u_{c1}(t_z)} L_R \quad (6)$$

Rezystancje fazowe R_1 , R_2 , R_3 można wyznaczyć znanymi sposobami przez pomiar wartości skutecznych prądów fazowych, spadków napięć oraz strat mocy czynnej w poszczególnych fazach toru w czasie trójfazowego zwarcia eksploatacyjnego (przy którym elektrody pieca są zanurzone w roztopionej stali).

W normalnych warunkach eksploatacyjnych części giętkie toru zmieniają położenie względem siebie, co powoduje zmianę indukcyjności wzajemnych M_{ij} ($i \neq j$), a w konsekwencji współczynników L_1, \dots, L_6 . Zatem w celu bieżącego wyznaczania napięć łuków zgodnie ze wzorami (1) konieczna jest korekta zmierzonych współczynników (4) - (6).

Niech w danym okresie obserwacji przebiegów prądów $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$, napięć fazowych $u_{p1}(t)$, $u_{p2}(t)$, $u_{p3}(t)$ oraz napięć $u_{c1}(t)$, $u_{c2}(t)$, $u_{c3}(t)$ z cewek Rogowskiego, t_1 , t_2 , t_3 są chwilami czasu dla których:

$$i_1(t_1) = 0, \quad i_2(t_2) = 0, \quad i_3(t_3) = 0 \quad (7)$$

Niech L_1, \dots, L_6 są współczynnikami wyznaczonymi w poprzednim okresie obserwacji. Jeżeli w międzyczasie nastąpiła zmiana współczynników indukcyjności wzajemnej o ΔM_{12} , ΔM_{23} , ΔM_{13} , to skorygowane współczynniki L_1', \dots, L_6' wyraża się wzorami:

$$\begin{aligned} L_1' &= L_1 - \Delta M_{12} & L_4' &= L_4 - \Delta M_{23} \\ L_2' &= L_2 - \Delta M_{13} & L_5' &= L_5 - \Delta M_{13} \\ L_3' &= L_3 - \Delta M_{12} & L_6' &= L_6 - \Delta M_{23} \end{aligned} \quad (8)$$

Korekty ΔM_{12} , ΔM_{23} , ΔM_{13} wyznacza się według wzorów:

$$\begin{aligned} \Delta M_{12} &= [b_1 u_{c1}(t_3) u_{c3}(t_2) + b_2 u_{c2}(t_3) u_{c3}(t_1) - b_3 u_{c3}(t_2) u_{c3}(t_2)] / a \\ \Delta M_{23} &= [-b_1 u_{c1}(t_2) u_{c1}(t_3) + b_2 u_{c1}(t_3) u_{c2}(t_1) + b_3 u_{c1}(t_2) u_{c3}(t_1)] / a \\ \Delta M_{13} &= [b_1 u_{c1}(t_2) u_{c2}(t_3) - b_2 u_{c2}(t_1) u_{c2}(t_3) + b_3 u_{c2}(t_1) u_{c3}(t_3)] / a \end{aligned} \quad (9)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} b_1 &= L_R u_{p1}(t_1) + L_1 u_{c2}(t_1) + L_2 u_{c3}(t_1) \\ b_2 &= L_R u_{p2}(t_2) + L_3 u_{c1}(t_2) + L_4 u_{c3}(t_2) \\ b_3 &= L_R u_{p3}(t_3) + L_5 u_{c1}(t_3) + L_6 u_{c2}(t_3) \\ a &= u_{c1}(t_3) u_{c2}(t_1) u_{c3}(t_2) + u_{c1}(t_2) u_{c2}(t_3) u_{c3}(t_1) \end{aligned} \quad (10)$$

Ze wzorów (9) i (10) wynika, że jeżeli w danym okresie obserwacji przebiegów napięć fazowych $u_{p1}(t)$, $u_{p2}(t)$, $u_{p3}(t)$ i sygnałów napięciowych z cewek Rogowskiego $u_{c1}(t)$, $u_{c2}(t)$, $u_{c3}(t)$ dokonać pomiaru wartości chwilowych tych napięć w kolejnych chwilach czasowych t_1 , t_2 , t_3 dla których wartości prądów osiągają zero, to przy znanych wartościach współczynników L_1, \dots, L_6 można na bieżąco, w trakcie wytopu w piecu, aktualizować te współczynniki. Pozwala to w oparciu o wzory (1) wyznaczać w kolejnych okresach obserwacji napięcia fazowe łuku elektrycznego $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$.

159 041

