

## WSKAŹNIKI INTENSYWNOŚCI NAGRZEWANIA W PROJEKTOWANIU STANÓW PRACY PIECÓW ŁUKOWYCH<sup>1)</sup>

### Część 2

### Projektowanie optymalnych stanów pracy pieców łukowych w oparciu o wskaźnik intensywności promieniowania

#### *Coefficients of Heating Intensity in the Design of Operating States of Arc Furnaces Part 2*

#### *Design of Optimal Electrical Regimes of Arc Furnaces Based on an Intensity-Radiation Index*

Antoni SAWICKI, Anatolij M. KRUCZININ

Politechnika Częstochowska

**Streszczenie:** W artykule opisano zasady projektowania optymalnych stanów pracy elektrycznej stalowniczych pieców łukowych prądu przemiennego. Do tego celu wykorzystano wskaźnik intensywności promieniowania. Następnie przeanalizowano istniejące warunki energetyczne i zaprojektowano optymalne stany pracy pieców o małej pojemności wsadowej (ponad 20 Mg) i dużych (100 Mg). Wskazano, że w przemyśle eksploatowane są nowoczesne piece z dużą intensywnością promieniowania łuków.

**Summary:** The principles of optimal designing of electrical regime steelmaking AC-arc furnaces is described in the paper. An intensity radiation factor was used, followed by an analysis of existing energetic conditions and the creation of an optimal design of regimes for small (above 20 Mg) and large (100 Mg) capacity furnaces. The industrial exploitation of modern furnaces with big intensity arc radiation was pointed out.

### 1. WSTĘP

W procesie wytapiania stali we współczesnych stalowniczych piecach łukowych (SPL) łuk pełni rolę podstawowego źródła ciepła [5]. Nawet bez dodatkowych źródeł ciepła optymalizacja parametrów energetycznych łuku elektrycznego stanowi tylko jeden z wielu czynników wpływających na efektywność energetyczną agregatu metalurgicznego. Duże znaczenie mają tutaj także jakość i rytmiczność dostarczanych surowców, paliw i energii elektrycznej, sprawność funkcjonowania systemu organizacji pracy, ścisłe przestrzeganie reżymów technologicznych i odpowiednio wysoka kultura techniczna personelu.

Asortyment produkowanej stali i możliwości jej opłacalnego zbytu stanowią podstawowe ramy, wewnątrz których możliwy jest wybór najkorzystniejszego wariantu technologii wytapiania metalu. Wymagania zewnętrzne, formułowane przez służby ekologiczne, socjalne, elektroenergetyczne, a nawet grupy kapitałowo-finansowe, mogą silnie wpływać na stany pracy i opłacalność eksploatacji urządzeń. Duża różnorodność konstrukcyjna pieców, zmienna jakość dostępnych surowców i wymagana elastyczność produkcyjna w stosunku do zapotrzebowania na odpowiednie gatunki stali stanowią niezwykle istotne czynniki określające gotowość pieca do efektywnego przekształcania energii elektrycznej łuku w entalpię przetapianego wsadu.

1) Praca została wykonana w ramach projektu badawczego, finansowanego przez KBN, grant nr 8 T10B 012 14.

Czynnikami zmniejszającymi zależność efektywności funkcjonowania pieców od tych nieraz trudnych do przewidzenia „zaburzeń” są: duża uniwersalność konstrukcyjna i technologiczna pieca, jego pełna automatyzacja i komputeryzacja oraz odpowiednio wysoka jakość systemu organizacji pracy na wydziale stalowni. Możliwości doskonalenia parametrów energetycznych łuku (tylko przez odpowiednie skokowanie prądu i napięcia oraz zapewnienie ich „stabilności”) są dużo mniejsze niż pozostałych czynników technicznych urządzenia piecowego.

Brak odpowiednio szczegółowego modelu matematycznego łuku prądu zmiennego i problemy z identyfikacją parametrów nawet najprostszych modeli stały się przyczynami częstego stosowania w przemyśle stanów pracy elektrycznej łuków dalekich od optymalnych. I tylko w niektórych przypadkach udało się, drogą nabytych doświadczeń podczas wieloletniej praktyki i licznych kosztownych eksperymentów, osiągnąć stany pracy łuków zbliżone do optymalnych. Jednakże ze względu na olbrzymią złożoność zjawisk fizykochemicznych, cieplnych i elektromagnetycznych nie można tych wyników przenieść bezpośrednio na inne, nawet bardzo podobne piece.

Niewielkie odchylenia konstrukcyjne, powstałe podczas montażu, remontów lub zwykłej eksploatacji urządzeń w znaczącym stopniu wpływają na efekty użytkowania pieców na wydziale stalowni. Każda jednostka wymaga więc oddzielnego doświadczonego zbadania i przeanalizowania. Nie można wykluczyć wpływu efektów starzenia się, renowacji lub modernizacji pieca na późniejsze zmiany jego charakterystyk eksploatacyjnych. Stosunkowo istotne informacje o parametrach energetycznych i możliwościach technologicznych pieca daje łukowy wskaźnik intensywności promieniowania i związana z nim przynależność do odpowiedniej kategorii urządzeń [3].

## 2. ZASADY PROJEKTOWANIA OPTIMALNYCH STANÓW PRACY ELEKTRYCZNEJ SPLPP

Do oszacowania parametrów optymalnego stanu pracy stalowniczego pieca łukowego prądu przemiennego (SPLPP) najczęściej stosuje się metodę opartą na charakterystykach roboczych elektrycznych [3]. Ponieważ nierzadko oblicza się je z wykresu kołowego, utworzonego tylko na podstawie stanów jałowego i zwarcia pieca, nie zawierają one w sobie prawie żadnych informacji o parametrach łuku. Samo określenie warunków wydzielania się w łuku maksymalnej mocy cieplnej niesie w sobie mało informacji o jego możliwościach technologicznych. Niezbędne jest podanie sposobu wymiany tego ciepła. Czy jest to przewaga mniej efektywnej konwekcyjnej wymiany ciepła, czy bardziej efektywnej, radiacyjnej? Współczesna teoria łuku i model fizykomatematyczny dwuwarstwowy [2, 4] pozwalają na szczegółowe obliczenie wszystkich potrzebnych parametrów elektrycznych, cieplnych, geometrycznych i gazodynamicznych łuku skutecznego (efektywnego) SPLPP.

Z punktu widzenia doboru wyposażenia elektrycznego współczesnego SPLPP wielkiej mocy najistotniejsze jest stadium F2 roztopiania stałego materiału wsadowego. Jest ono najbardziej długotrwałe i energochłonne. Teoria krótkiego łuku SPLPP wskazuje na rozbieżność w warunkach istnie-

nia maksimum mocy łuku i jego mocy promieniowania. A przecież poziom mocy promieniowania w rozpatrywanym stadium określa szybkość i czas całego procesu wytapiania. To z kolei decyduje o jednostkowym zużyciu energii elektrycznej na 1 Mg stali.

Moc łuku elektrycznego składa się z trzech składowych:  $P_\lambda$  — przewodnictwa cieplnego plazmy,  $P_\epsilon$  — promieniowania plazmy i  $P_{kon}$  — konwekcji plazmy przepływającej przez łuk:

$$P_a = P_\lambda + P_\epsilon + P_{kon} \quad (1)$$

Model dwuwarstwowy zakłada słuszność warunku granicznego trzeciego rodzaju na powierzchni łuku [2], także w odniesieniu do modelu krótkiego łuku. Z tego warunku wynika sposób przekształcania energii transportowanej przewodnictwem cieplnym plazmy w energię transportowaną konwekcyjnie w obszarze gazowym otaczającym łuk. Dlatego moc całkowita  $P_{a3}$  rozpraszana przez trzy łuki pieca dzieli się na dwie składowe  $P_{\epsilon3}$  — promieniowania i  $P_{kon3}$  — konwekcji [1, 3]. Stąd wynika pogląd, że ważnym wskaźnikiem energetycznym jest nie tylko wypadkowa moc promieniowania  $P_{\epsilon3}$ , ale i jej udział  $n_\epsilon$  w mocy całkowitej łuków:

$$n_\epsilon = \frac{P_\epsilon}{P_a} \quad (2)$$

Znajomość parametrów impedancji obwodu zastępczego projektowanego pieca i wskaźnika intensywności promieniowania łuku  $K_q$  umożliwiają określenie napięcia wtórnego  $U_{2l}$  na pierwszym stopniu odczepów transformatora piecowego:

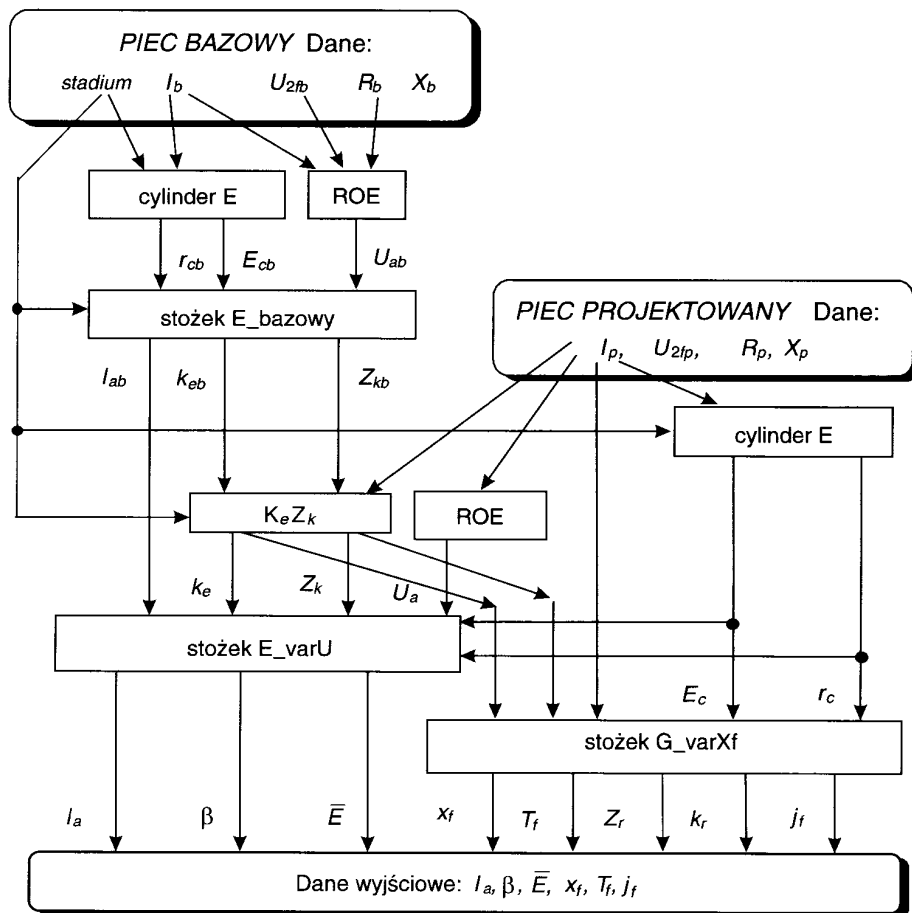
$$U_{2l} = \sqrt{1000K_q Q \sqrt{3(R^2 + X^2)}} \quad (3)$$

W wyniku tego można uzyskać prąd roboczy  $I_a = I_\epsilon$  z maksymalnym poziomem mocy promieniowania łuków.

Podstawą obliczeń i projektowania stanu pracy elektrycznej pieca są dane pomiarowe uzyskane z badania dostępnego obiektu przemysłowego (pieca bazowego). Może być to piec o dowolnej pojemności i mocy. Jednakże dokładność późniejszego projektu, w porównaniu z praktyczną jego realizacją, jest tym większa, im większa jest zbieżność parametrów (przynajmniej tych zewnętrznych) pieca projektowanego i bazowego. W obliczeniach wykorzystuje się warunki podobieństwa łuków płonących w gazach o takim samym składzie chemicznym [4]. Z kolei ten skład jest określony przez stadium pracy pieca (F1 — początek roztopiania z górnym położeniem elektrod, F2 — topienie z dolnym położeniem elektrod, F3 — rafinowanie pod warstwą żużla, F4 — wykańczanie metalu bez żużla).

W opracowanym projekcie na początek zakłada się *stadium* pracy i prąd roboczy  $I_p$  pieca. Kolejność wykonywania obliczeń przedstawia schemat blokowy, który jest pokazany na rysunku 1. Zawiera on następujące bloki:

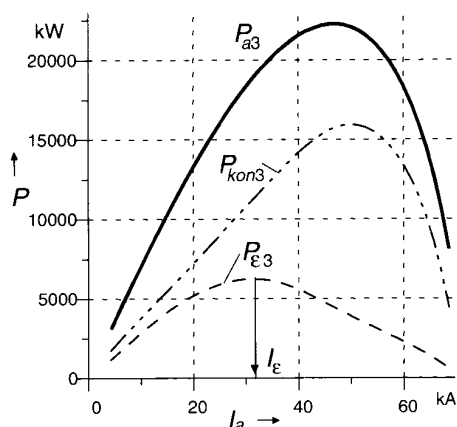
— „Piec bazowy”, w którym zadawane są *stadium* wytapiania, prąd roboczy pieca bazowego  $I_b$ , napięcie strony wtórnej transformatora  $U_{2fb}$  i parametry obwodu toru wielokoprowego  $R_b, X_b$ ;



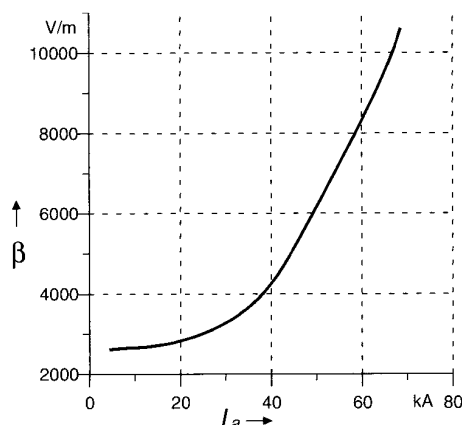
Rys. 1. Schemat blokowy programu do projektowania parametrów łuku skutecznego SPŁPP z dowolnym prądem i napięciem zasilającym (b — indeksy zmiennych związane z piecem bazowym, p — z piecem projektowanym)

- „Piec projektowany”, w którym zadawane są: prąd roboczy  $I_p$ , napięcie strony wtórnej transformatora  $U_{2fp}$  i parametry obwodu toru wielkopiętrowego  $R_p$ ,  $X_p$ ;
- „cylinder E” — procedura umożliwiająca obliczenie parametrów części cylindrycznej (wirtualnej) łuku skutecznego: promień  $r_c$ , natężenie pola elektrycznego  $E_c$  [4];
- „stożek E\_bazowy” — procedura do obliczania parametrów elektrycznych części stożkowej łuku pieca bazowego: długość łuku  $l_{cb}$ , parametry funkcji rozkładu pola elektrycznego  $k_{eb}$ ,  $Z_{kb}$ ;
- „stożek E\_varU” — procedura do obliczania parametrów elektrycznych części stożkowej łuku po zwiększeniu napięcia łuku: długość łuku  $l_a$ , gradient napięcia  $\beta$ , średnie natężenie pola elektrycznego w kolumnie  $\bar{E}$ ;
- „stożek G\_varXf” — procedura do obliczania parametrów geometrycznych łuku skutecznego na granicy frontu jonizacji: odległość frontu od katody  $x_f$ , temperatura

- plazmy na granicy frontu  $T_f$ , parametry funkcji rozkładu pola przekroju kolumny łukowej  $Z_r$  i  $k_r$ , gęstość prądu w płamie katodowej umownej  $j_f$ ;
  - „ROE” — procedura-funkcja do obliczania napięcia łuku  $U_a$ ;
  - „KeZk” — procedura do obliczania parametrów ( $Z_k$  i  $k_e$ ) funkcji rozkładu pola elektrycznego [1];
  - „Dane wyjściowe” zawierają takie parametry łuku skutecznego, jak: długość  $l_a$ , gradient napięcia  $\beta$ , średnie natężenie pola w kolumnie  $\bar{E}$  i parametry na granicy frontu jonizacji  $x_f$ ,  $T_f$ ,  $j_f$ .
- Zmieniając w pętli wartości prądu i napięcia, można wyznaczyć rodziny charakterystyk projektowanego pieca, nie tylko roboczych elektrycznych, ale i cieplnych. Dysponując „wszystkimi” parametrami łuku skutecznego można obliczyć [1, 3, 4] m.in. rozkład strumieni ciepła łuku na promieniowanie i konwekcję.



Rys. 2. Obliczone charakterystyki energetyczne łuków małej intensywności w piecu AF14 działającym w stadium F2 ( $P_{a3}$  — moc całkowita,  $P_{\epsilon 3}$  — moc promieniowania,  $P_{kon3}$  — moc rozpraszana konwekcyjnie)



Rys. 3. Zależność gradientu napięcia  $\beta$  od prądu łuku małej intensywności w piecu AF14 działającym w stadium F2

### 3. ANALIZA WARUNKÓW ENERGETYCZNYCH I PROJEKTOWANIE OPTYMALNYCH STANÓW PRACY STAŁOWNICZYCH PIECÓW ŁUKOWYCH O POJEMNOŚCI WSADOWEJ 100 Mg

Wg opisanej metodyki zostaną zaprojektowane stany pracy zwykłych pieców z wykładziną ceramiczną. Pojemność ich wani wynosi  $Q = 100$  Mg. Zastosowane w nich łuki cechują się małą intensywnością. Do takiego rodzaju pieców należą AF14, AF21, AF22 i AF23 (tabela 3 w cz. 1 tej pracy [3]).

Jako pierwszy przykład, zostanie zaprojektowany stan pracy optymalnej pieca AF14. Odpowiada mu strefa „a” na rysunku 7 w cz. 1 [3] ze wskaźnikiem intensywności promieniowania  $K_q = 0,3$ . Napięcie wtórne liniowe optymalne  $U_{2l}$  transformatora piecowego na pierwszym stopniu zostanie obliczone wg (3). W tym przypadku wynosi ono:

$$U_{2l} = \sqrt{1000 \cdot 0,3 \cdot 100 \cdot \sqrt{3 \cdot (0,575^2 + 3,35^2)}} = 420,66 \text{ V}$$

Po przyjęciu wartości napięcia  $U_{2l} = 420,7$  V i drugiego stadium wytopu (F2), obliczono podstawowe charakterystyki elektryczne i cieplne łuku. Na rysunku 2 pokazano zależności różnych rodzajów mocy od prądu łuku. Obejmują one moce wypadkową  $P_{a3}$ , promieniowania  $P_{\epsilon 3}$  i konwekcyjną  $P_{kon3}$ .

Rysunek 3 przedstawia zależność gradientu  $\beta$  od prądu łuku. Wynika z niego, że ów gradient jest funkcją silnie nieliniową. Należy to uwzględnić w analizie dynamiki układu regulacji automatycznej mocy pieca. Łuk w rozważanym piecu osiąga maksymalną moc promieniowania  $P_{\epsilon 3} = 6231$  kW. Odpowiada jej prąd  $I_a = 31$  kA. Pozostałe parametry są następujące: moc transformatora  $S_{tr} = 22,59$  MVA, całkowita moc łuków  $P_{a3} = 18\,762$  kW, współczynnik mocy

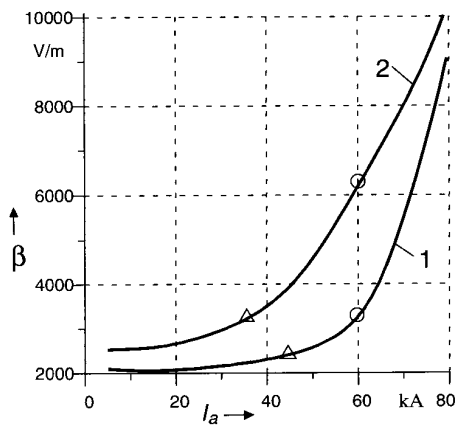
pieca  $\cos \varphi = 0,904$ , współczynnik sprawności elektrycznej  $\eta = 0,919$ , długość łuku  $l_a = 0,079$  m, gradient napięcia  $\beta = 3339$  V/m, temperatura łuku  $T_a = 9330$  K, średni promień łuku  $r_a = 0,0384$  m, gęstość prądu w pobliżu umownej plamy katodowej  $j_k = 7,35 \cdot 10^6$  A/m<sup>2</sup>, gęstość prądu w pobliżu umownej plamy anodowej  $j_a = 6,61 \cdot 10^6$  A/m<sup>2</sup>.

Z piecem przemysłowym AF14 związany jest wskaźnik intensywności promieniowania  $K_q = 0,295$ . Różni się on niewiele od założonej wartości średniej strefy „a”. Piec należy więc do kategorii urządzeń o małej intensywności promieniowania łuków. Pracuje on z napięciem  $U_{2l} = 417$  V (tabela 3 w cz. 1 [3]), bliskim wartości optymalnej  $U_{2l} = 420,7$  V.

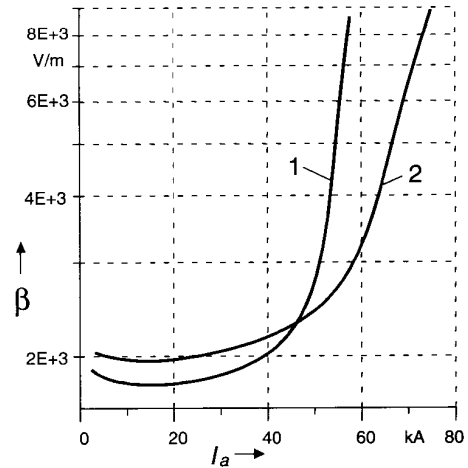
Jako drugi przykład zostanie rozpatrzony piec japoński AF13. Pracuje on z maksymalnym poziomem mocy  $P_{\epsilon 3}$ . Odpowiada mu ultrawysoka intensywność promieniowania łuków ze wskaźnikiem  $K_q = 0,7$ . Optymalna wartość napięcia wtórnego transformatora  $U_{2l}$  na pierwszym stopniu wynosi:

$$U_{2l} = \sqrt{1000 \cdot 0,7 \cdot 70 \cdot \sqrt{3 \cdot (1,0^2 + 4,5^2)}} = 625,54 \text{ V}$$

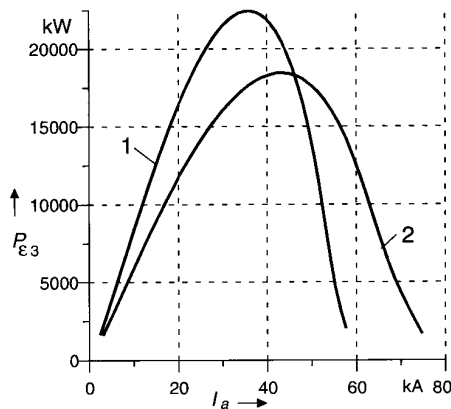
Na rysunku 4 pokazano zależności podstawowych rodzajów mocy trzech łuków: całkowitej  $P_{a3}$ , promieniowania  $P_{\epsilon 3}$  i rozpraszania konwekcyjnego  $P_{kon}$  od prądu. Z kolei na rysunku 5 pokazano zależność obliczonych wartości gradientu  $\beta$  od prądu łuku. Odpowiadają one wartości optymalnej napięcia wtórnego  $U_{2l} = 625,5$  V. Z maksymalną mocą promieniowania  $P_{\epsilon 3} = 16\,246$  kW jest związany prąd  $I_N = 40$  kA. Pozostałe parametry energetyczne pieca mają następujące wartości: wymagana moc transformatora  $S_{tr} = 43,34$  MVA, całkowita moc łuków  $P_{a3} = 32\,769$  kW, współczynnik mocy pieca  $\cos \varphi = 0,867$ , współczynnik sprawności elektrycznej  $\eta = 0,872$ , długość łuku  $l_a = 0,1592$  m, gradient napięcia  $\beta = 2290,5$  V/m, temperatura łuku  $T_a = 10\,366$  K, średni promień łuku  $r_a = 0,0445$  m, gęstość prądu w pobliżu plamy katodowej  $j_k = 6,9 \cdot 10^6$  A/m<sup>2</sup>, gęstość prądu w pobliżu plamy anodowej  $j_a = 6,38 \cdot 10^6$  A/m<sup>2</sup>.



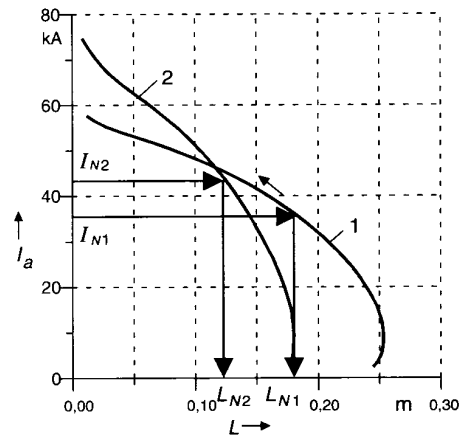
Rys. 7. Zależność gradientu napięcia  $\beta$  od prądu łuku w piecach działających w stadium F2 (1 — piec AF18, 2 — piec AF12, o — istniejący stan pracy,  $\Delta$  — zalecany stan pracy)



Rys. 9. Gradienty napięcia  $\beta$  łuków w piecach produkcji włoskiej (1 — piec AF25, 2 — piec AF24)

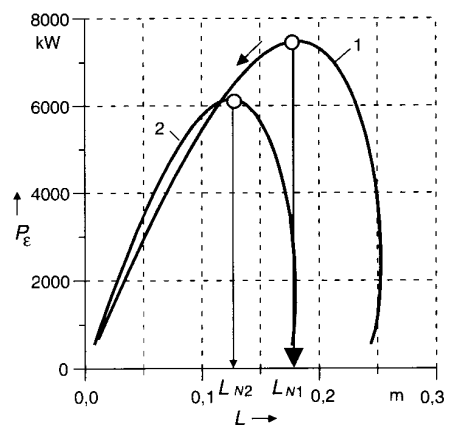


Rys. 8. Moce promieniowania  $P_{\epsilon 3}$  łuków w piecach produkcji włoskiej (1 — piec AF25, 2 — piec AF24)



Rys. 10. Charakterystyka regulacyjna pieca w zależności od prądu łuku  $I_a(L)$

dzięki temu zwiększenie mocy promieniowania i zmniejszenie gradientu napięcia  $\beta$  łuków elektrycznych. Jednocześnie nastąpiło polepszenie stabilności pracy pieca AF25 ze zwiększoną reaktancją  $X$  i napięciem  $U_{2l}$  w porównaniu z piecem AF24. Świadczą o tym charakterystyki regulacyjne prądu w zależności od odległości elektrody od wsadu  $I_a(L)$  i mocy promieniowania  $P_{\epsilon}(L)$ , przedstawione na rysunkach 10 i 11. Punkt zerwania łuku odpowiada długości przerwy międzyelektrodowej w kierunku osiowym  $L_{kr} = 0,255$  m. Zastosowanie większej wartości prądu  $I_a = 42$  kA, zamiast  $I_N = 35,9$  kA, umożliwiłoby uzyskanie lepszej stabilności pracy pieca AF25. W pierwszym przypadku punkt pracy z  $L = 0,15$  m jest bardziej oddalony od  $L_{kr}$  niż w drugim z  $L = 0,156$  m. Charakterystyka regulacyjna  $I_a(L)$  jest silnie nieliniowa. W tym przypadku stosunek  $L_{kr} / L$  charakteryzuje zapas stabilności w regulowaniu mocy pieca przemieszczeniem elektrod. Może on służyć jako jedno z kryteriów określania stabilnej pracy SPŁPP.



Rys. 11. Charakterystyka regulacyjna pieca w zależności od mocy promieniowania łuku  $P_{\epsilon}(L)$

## 6. WNIOSKI

1. Optymalne projektowanie stanu elektrycznego pieca łukowego może opierać się na:
  - zaproponowanej zasadzie klasyfikacji SPLPP wg wskaźnika intensywności promieniowania łuków  $K_q$ ,
  - opracowanej metodzie modelowania charakterystyk elektrycznych i energetycznych łuków.
2. Zaproponowany model fizykomatematyczny krótkiego łuku umożliwia obliczenie silnie nieliniowej funkcji gradientu  $\beta(I_a)$ . To z kolei pozwala na szczegółowe modelowanie łuku i badanie stabilności pieców wraz z ich układami automatycznego sterowania.
3. Potwierdzeniem prawidłowości wykonanej analizy jest duża zbieżność opisanych wyników teoretycznych z propozycjami i zaleceniami różnych firm, jednakże one osiągnęły te wyniki dopiero na podstawie wieloletnich doświadczeń w opracowywaniu, wytwarzaniu i eksploatacji SPLPP o różnej mocy i różnym przeznaczeniu technologicznym.

## LITERATURA

1. Kruczynin A.M., Sawicki A.: *Modelowanie części stożkowej łuku skutecznego na przykładzie wybranych stalowniczych pieców łukowych prądu przemiennego*. JUEE 1999, 5, 1, 15–22.
1. Kruczynin A.M., Sawicki A.: *Urządzenia elektrotechnologiczne z nagrzewaniem łukowym i plazmowym. Cz. 1. Teoria nagrzewania łukowego i plazmowego*. Skrypt 17. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1997.
3. Sawicki A.: *Wskaźniki intensywności nagrzewania w projektowaniu stanów pracy pieców łukowych. Cz. 1. Wskaźniki intensywności nagrzewania jako podstawa kategoryzacji pieców łukowych*. JUEE 2000, VI, 1, 41–48.
4. Sawicki A., Kruczynin A.M.: *Modelling the cylindrical part of the effective arc in steelmaking ac arc furnaces*. Elektrowärme International ed B 1998, B4.
5. Smolarenko V.D.: *Высокоскоростные дуговые сталеплавильные печи*. Izd. Energiya, Moskwa 1976.



### Prof. dr hab. inż. Anatolij Michajłowicz Kruczynin

Urodził się 07.01.1938 roku w Wjaźmie (Obwód Smoleński, w Rosji). W 1961 roku ukończył Moskiewski Instytut Energetyczny (MEI) ze specjalnością: urządzenia elektrotermiczne. W latach 1961–1965 pracował jako inżynier w laboratorium naukowo-badawczym Specjalistycznego Wyposażenia Wysokotemperaturowego. W 1967 roku obronił pracę doktorską z zakresu procesów i urządzeń elektrotermicznych. W latach 1967–1976 kierował grupą naukową w laboratorium problemowym Wyposażenia Elektrotermicznego MEI. Od 1979 roku pracował na stanowisku docenta w Katedrze Zautomatyzowanych Urządzeń i Systemów Elektrotechnologicznych. W 1982 obronił pracę habilitacyjną, a w roku 1984 został mu nadany tytuł profesora. W 1993 roku został wybrany członkiem korespondentem Rosyjskiej Akademii Nauk Elektrotechnicznych. Od 1994 roku pracuje na Politechnice Częstochowskiej w Katedrze Elektrotechniki i Elektrotechnologii. Jest autorem i współautorem ponad 120 publikacji w czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych rosyjskich, polskich i innych zagranicznych, 17 monografii i podręczników z zakresu elektrotermii oraz 57 zgłoszeń patentowych. Był promotorem 12 prac doktorskich, recenzentem 25 prac doktorskich i 7 rozpraw habilitacyjnych. Jest przewodniczącym Sekcji Elektrotermii Towarzystwa Naukowo-Technicznego Rosji, członkiem Prezydium Komitetu Elektrotermii Rosji, zastępcą przewodniczącego Rady Specjalizacyjnej Rosyjskiej Komisji Atestacyjnej d.s. obron prac doktorskich w MEI, członkiem Rady Naukowo-Metodycznej Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego Rosji.

Adres miejsca pracy: Politechnika Częstochowska, Katedra Elektrotechniki i Elektrotechnologii, 42-200 Częstochowa, al. Armii Krajowej 17, tel. (0-34) 3250306, fax (0-34) 3250823



### Dr inż. Antoni Sawicki

Urodził się 22.07.1952 roku w Częstochowie. W 1977 roku ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej. Następnie podjął pracę na tej uczelni, na stanowisku asystenta w Zakładzie Elektrotechniki i Metrologii Elektrycznej. Po trzechletnich stacjonarnych studiach doktoranckich, w 1988 roku obronił pracę w Moskiewskim Instytucie Energetycznym.

Po awansowaniu na stanowisko adiunkta, przystąpił do organizowania zespołu naukowo-dydaktycznego i budowy laboratoriów z zakresu elektrotechnologii. W 1993 roku został powołany na stanowisko kierownika nowego Zakładu Elektrotechnologii w Katedrze Elektrotechniki i Elektrotechnologii. Jest autorem i współautorem ponad 90 publikacji w czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych polskich i zagranicznych, 2 skryptów i 15 indywidualnych projektów wynalazczych. Jego dorobek obejmuje prace z zakresu elektrotechniki teoretycznej, metrologii elektrycznej, elektrotechnologii spawalniczej, elektrotermicznej i elektrochemicznej, elektrometalurgii i elektroekologii. Jest członkiem SEP, od 1997 roku członkiem Zarządu Oddziału Katowickiego Polskiego Komitetu Elektrotermii, od 1998 roku członkiem Prezydium Polskiego Komitetu Elektrotermii. Jego dziedziną zainteresowań jest ogólnie pojęta elektrotechnologia (elektrotermiczna, spawalnicza i elektrochemiczna).

Adres miejsca pracy: Politechnika Częstochowska, Katedra Elektrotechniki i Elektrotechnologii, 42-200 Częstochowa, al. Armii Krajowej 17, tel. (0-34) 3250816, fax (0-34) 3250823