

# Računalniško upravljanje električne moči obločnih peči v Železarni Ravne\*

UDK: 621.365.2 : 681.142  
ASM/SLA: D5, A5f, U7c, U4k

Janez Bratina

Računalniško upravljanje moči elektroobločnih peči obsega tri aplikacije, katerih težišče so elektroenergetski pogoji same obločne peči, kakor tudi razmere, ki jih obločne peči ustvarjajo kot posebni, oz. specifični porabnik električne energije v napajalnem elektroenergetskem sistemu. Ločimo računalniško:

- vodenje taljenja posamezne obločne peči,
- vodenje konične obtežbe obločnih peči,
- vodenje samodejnega in formacijskega sistema.

Z računalniškim upravljanjem moči pričakujemo, da bomo dosegli:

a) eksaktno in optimalno vodenje taljenja obločne peči, kar mora imeti za posledico znižanje specifične porabe električne energije in skrajšanje časa taljenja. Pričakujemo večjo vzdržnost obzidave zidu ter oboka in manjšo porabo elektrod;

b) kontrolo in vodenje konične obtežbe obločnih peči, oziroma integrirane železarne, kar daje pri enaki porabi električne energije nižjo ceno za kWh;

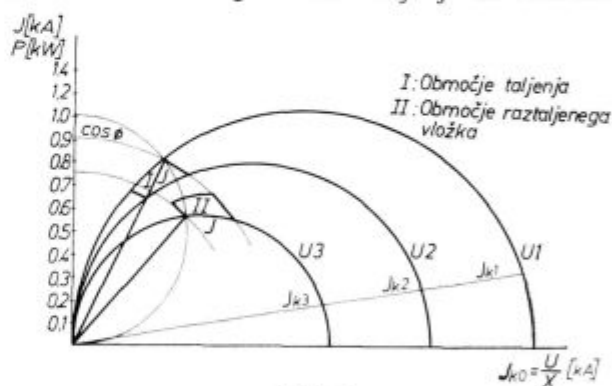
c) nadzor nad dogodki, ki karakterizirajo tehnološki proces in ki se samodejno memorirajo, kar omogoča spoznanje zakonitosti procesov in doseganje enakomernosti kvalitete proizvodnje.

## 1. ELEKTROTEHNIČNE KARAKTERISTIKE AGREGATOV

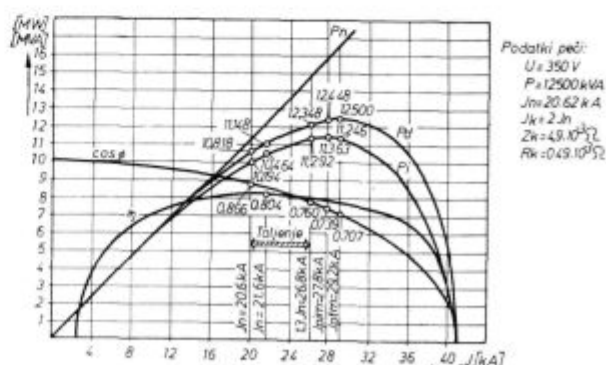
Sl. 1 prikazuje tipični krožni diagram obločne peči, kjer sta razvidni območje taljenja (visoke napetosti, veliki tokovi) in območje raztaljenega vložka (nizke napetosti, manjši tokovi). Za naša razmišljanja o elektroenergetskih odnosih obločne peči je primernejši njen obratovalni diagram, kakršnega prikazuje sl. 2 za 40 t EOP v železarni Ravne za njeno najvišjo napetostno stopnjo. Karakteristično za obločno peč je, da delovna moč, ki jo dovedemo v peč ( $P_1$ ), oziroma delovna moč, izmerjena na transformatorju, ( $P_d$ ) ni sorazmerna s tokom in da ima svoj izrazit maksimum, ki na-

stopa vedno pri določenem faznem faktorju. Poznavanje optimalnih obratovalnih režimov obločne peči v obdobju taljenja ima svoj praktični pomen, saj so v času taljenja angažirane velike moči in v tem obdobju tudi ni tehnoloških omejitev.

Analiza obratovalnih režimov v primeru najvišje napetostne stopnje za konkretno peč nam kaže, da obratovanje z maksimalno delovno močjo na transformatorju, oziroma na loku skorajda ni dosegljivo, ker leže ta področja v območju prevelikih preobremenitev (prevelikih tokov elektrod). Istočasno se da ugotoviti, da obratovanje z maksimalnim izkoristkom leži nad obratovanjem z nazivnim tokom, vendar še v območju, ki ga omogoča preobremenljivost transformatorja. Vidimo tudi, da leži krivulja izkoristkov v tem območju položno, zaradi tega v času taljenja ni bistveno,



Slika 1  
Krožni diagram obločne peči  
Fig. 1  
Circle diagram of the arc furnace



Slika 2  
Obratovalni diagram 40 t obločne peči  
Fig. 2  
Operation diagram of a 40 t arc furnace

Janez Bratina, dipl. inž. elektrotehnike je ravnatelj TOZD elektrotehniške storitve v železarni Ravne

\* Referat na posvetovanju jugoslovanskih jeklarjev o avtomatizaciji 6. oktobra 1978 v Portorožu

kako natančno zadenemo njen maksimum, bolj važno je, da ne prekoračimo toka, pri katerem nastopi maksimalna delovna moč loka.

Najenostavnejša kontrola teh obratovalnih mest je s pomočjo faznega faktorja ( $\cos \phi$ ), ki je za vsako obratovalno mesto karakterističen:

— Fazni faktor maksimalne delovni moči na transformatorju:

$$\cos \phi = 0,71$$

— Fazni faktor maksimalne delovni moči na loku:

$$\cos \phi = 0,73-0,74$$

— Fazni faktor pri maksimalnem izkoristku peči:

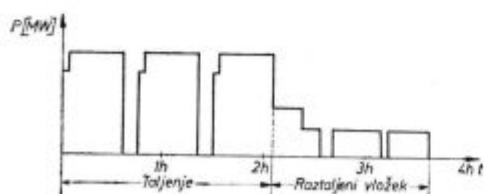
$$\cos \phi = 0,80-0,84$$

— Fazni faktor pri maksimalnem erozijskem indeksu:

$$\cos \phi = 0,82$$

Meritve faznega faktorja s pomočjo kazalnih inštrumentov so predvsem v času taljenja težavne, ker so razmere nestacionarne, bolj realna so povprečja razmerij, ki jih dobimo iz meritev delovne in jalove energije. To je bil tudi razlog za uvedbo takih meritev pri obločnih pečeh ter za avtomatsko izračunavanje faznega faktorja za vsako 15-minutno obdobje. Tako ne dobimo le nadzora nad režimom taljenja, temveč lahko kontroliramo tudi, ali je v obdobju raztaljenega vložka peč vodena pravilno — namreč zunaj območja maksimalnega erozijskega indeksa. Raztaljen vložek zahteva takšno razmerje med relativno večjimi tokovi in manjšimi transformatorskimi napetostmi, ki dajo fazni faktor okrog  $\cos \phi = 0,71$ .

Idealiziran energetski obratovalni diagram obločne peči kaže sl. 3. Razvidne so faze taljenja posameznih košar, oziroma ponovnega šaržiranja peči, njih začetki taljenja z zmanjšano močjo, kakor tudi iztek moči ob koncu obratovalnega ciklusa. Značilen energetski parameter je specifična poraba električne energije, ki se giblje odvisno od velikosti peči in asortimenta proizvodnje od 550 do 750 kWh/t. Pri tem odpade na raztalitev 400 do 450 kWh/t. Za obločno peč je tudi karakterističen direktni odnos med močjo transformatorja (MVA) in njeno urno proizvodnjo (t/h), ki nam jo označuje faktor produktivnosti; giblje se v razponu 0,50 do 0,75.



Slika 3

Energetski obratovalni diagram obločne peči

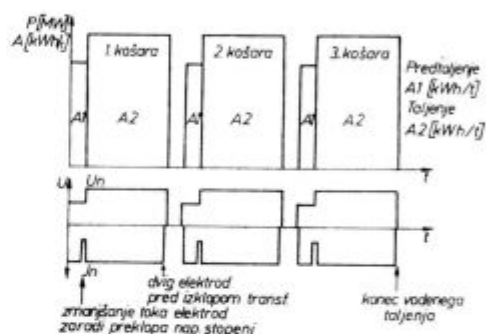
Fig. 3

Energy operation diagram of the arc furnace

Čas taljenja traja od 80 do 120 minut, razen pri modernih UHP pečeh, kjer taljenje traja tudi pod 60 minut.

## 2. VODENJE TALJENJA OBLOČNE PEČI

Taljenje posamezne košare ima predvsem svoj uvodni del in svoj glavni del. Uvodni del taljenja predstavlja začetek taljenja ter čas, ki je potreben, da elektrode prodre tako globoko v vložek, da postane električni lok zakrit in nenevaren za obzidavo peči. Ta čas lahko ugotovljamo z minutami ali pa tudi s porabo električne energije na tono vložka (kWh/t). Značilno za uvodni del taljenja je obratovanje z zmanjšano napetostjo ter s polnim tokom. Po absorbirani energiji  $A_1$  (kWh/t) — glej sl. 4 — lahko ugotovimo, da so dani pogoji

Slika 4  
Vodenje taljenjaFig. 4  
Control of smelting

za najgospodarnejše taljenje, za katerega smo rekli, da za manjše in srednje peči tudi obratovanje z maksimalno možno močjo.

Potrebno je torej prekloniti napetost na najvišjo vrednost. Preklop opravimo pri transformatorju, kjer je možen preklop stopenj pod obremenitvijo, tako da najprej postavimo tokovni regulator na minimalno vrednost; ko se tok elektrod resnično zmanjša, preklonimo napetostne stopnje. Po izvršitvi napetostnega preklopa dvignemo tok ponovno na maksimalno vrednost. Sedaj talimo s polno, oz. maksimalno močjo, ki jo dopušča elektrodna regulacija in tudi preobremenljivost transformatorja. Za preklop stopenj potrebno razbremenitev transformatorja dosežemo lahko tudi tako, da enostavno dvignemo elektrode.

Trajanje takega taljenja je odvisno predvsem od teže vložka, kakor tudi od njegove kompaktnosti. Potem, ko je vložek absorbiral določeno količino energije  $A_2$  (kWh/t), lahko smatramo, da je vložek raztaljen, oz. da je toliko raztaljen, da električni lok ni več zakrit z vložkom. V tem trenutku bi bilo potrebno zmanjšati moč taljenja, vendar praksa kaže, da je smotrnejše taljenje prekiniti, izvršiti šaržiranje naslednje košare ter tako nadaljevati fazo taljenja z najkrajšim postopkom. Trenutek prekinitve taljenja posamezne košare mora

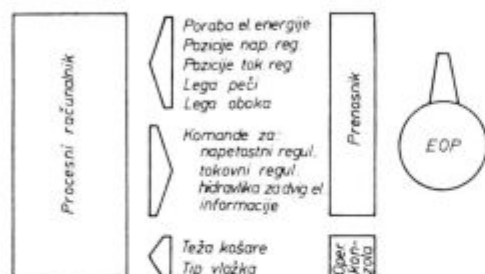
biti zanesljivo definiran; eksperimentalno ga je treba določiti za posamezno peč in za tip vložka. Kot že omenjeno, je konec taljenja definiran s specifično porabljenimi energijo peči  $A_2$  (kWh/t).

Za vodenje taljenja posamezne obločne peči potrebuje procesni računalnik od obločne peči tele on-line informacije:

- porabo električne energije,
- pozicije napetostnega regulatorja,
- pozicije tokovnega regulatorja,
- leglo peči — za začetek taljenja šarže,
- lego oboka — za začetek taljenja košare

ter tole informacijo, posredovano s pomočjo operacijske konzole:

- težo posamezne košare,
- tip vložka.



Slika 5

Povezava procesnega računalnika z obločno pečjo glede na vodenje taljenja

Fig. 5

Connection of the process computer and the arc furnace depending on the control of smelting

Obločna peč pa mora za vodenje taljenja prejemati od procesnega računalnika povelja za delovanje:

- napetostnega regulatorja,
- tokovnega regulatorja,
- hidravlike za dvig elektrod,
- informacije o teh poveljih.

Razmere so prikazane na sliki 5.

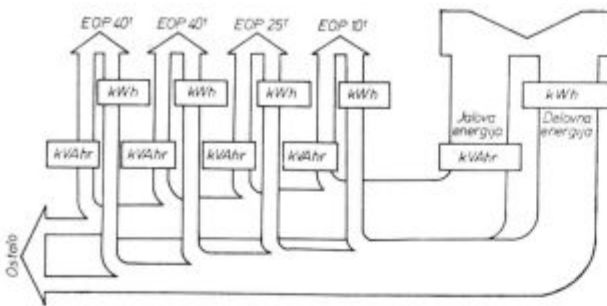
### 3. VODENJE KONICNE OBTEŽBE

Kontrolo razdelitve električne energije po posameznih obločnih pečeh ali kontrolo konicne obtežbe potrošniškega sistema (železarne) imenujemo tako vodenje obratovanja obločnih peči, da skupna vrednost njihove električne moči ne preseže vnaprej določene vrednosti. Konična obtežitev (maksimum demand) je povprečna moč (kW), dosežena v določenem časovnem obdobju; dobimo jo z integracijo porabe energije (kWh) skozi ta obračunski čas. Konična obtežitev je lahko urna, četrturna v fiksnih obdobjih: 4-krat vsako polno uro; ali pa plavajoča, t. j. v kakršnemkoli četrturnem časovnem kontinuumu. Konična obtežitev nastopa skupno s porabo energije nekega potrošnika kot osnovni karakteristični parameter nekega potrošnika. Razmerje med porabo in konicno obtežitvijo nam da obratovalne ure (mesečne

ali letne), ki nam govore o izkoriščenosti moči potrošnika, oz. o vplivu, ki ga ima tak potrošnik na napajalni elektroenergetski sistem. Zaradi tega predstavljata konicna moč in porabljen energija osnovna parametra tarife za obračun cene električne energije, posebno še, če hočemo zasledovati načelo, da naj pokrije potrošnik električne energije stroške, ki jih v sistemu povzroča.

V primeru ene same obločne peči bi bilo enostavno določiti razmerje med srednjo porabo električne energije in maksimalno — konicno porabo (enourno ali četrturno): to razmerje označuje faktor obremenitve »f« in je za eno obločno peč  $f \approx 0,60$ . Pri večjih pečeh, ki obratujejo v istem potrošniškem sistemu, se lahko faze taljenja prekrivajo, lahko pa peči vozijo v strogem vrstnem redu tako, da se prekrivajo faze taljenja enih peči s fazami raztaljenega vložka drugih peči. V tem primeru bo faktor obremenitve velik. Teoretično bi pri štirih enakih pečeh lahko dosegel vrednost  $f = 1$ . Vendar obločne peči ne obratujejo po strogem voznem redu, obratovanje nepredvideno nadaljujejo popravila, korekcije analiz in različno trajajoče tehnologije. Pri enaki proizvodnji jekla v obločnih pečeh lahko dobimo kaj različne konicne obtežitve, oz. faktorje obremenitve, ki se lahko gibljejo od najvišjega faktorja, ki je enak za primer ene obločne peči  $f = 0,5-0,6$  pa do zelo ugodnega  $f = 0,8-0,9$ , ki ga dosežemo pri večjih obločnih pečeh, ter z neko osnovno obremenitvijo ostalih pogonov železarne. To pa tudi pomeni, da dosežemo pri enaki proizvodnji jekla in pri za to enaki količini porabljene električne energije različno ceno te energije. Danes je razmerje cen v tarifnem sistemu takšno, da predstavljajo stroški za moč 60 % povprečne cene električne energije. Znižanje moči, t. j. konicne obtežitve za vsakih 10 % predstavlja torej zmanjšanje cene kWh za 6 %. Izkušnje kažejo, da se faktor obremenitve da znižati od  $f = 0,6$  na  $f = 0,8$  t. j. za približno 25 %, kar predstavlja znižanje stroškov za električno energijo za 15 %. Pri tem pa je potrebno upoštevati, da elektrogospodarstvo, oz. tarifni sistem obračunava konicne obremenitve, ki so dosežene le v času višje tarife, t. j. v času dnevne porabe, medtem ko v času nižje tarife, t. j. ponoči ni omejitev za moč. Z nadaljnjim prilagajanjem potrošne električne energije karakteristikam elektroenergetskega sistema je možno doseči, kar tudi predvidevajo novi tarifni odnosi, da se izvede prilagajanje moči potrošnikov le v času vršnih obremenitev sistema, t. j. zjutraj in zvečer.

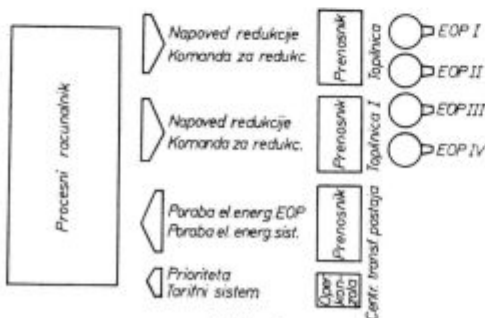
Za neko vodenje razdelitve energije po pečeh skrbi pogonsko osebje že s tem, da poizkuša racionalno izkoriščati naprave pogonov. Kapacitete transportnih naprav (žerjavi, vozila, tehtnice) ter naprave priprave vložka bi bile slabo izkoriščene, če bi lahko vsem pečem v isti fazi postopka istočasno stregli. Uvajanje dispečerskih služb pomeni vodenje, oz. vnaprejšnje usklajevanje obtežitev posameznih obločnih peči na določeni nivo. Dispečerska elektroenergetska služba železarne zasledu-



Slika 6  
Merjenje električne energije obločnih peči in sistema  
Fig. 6  
Measuring electric energy of arc furnaces and of the whole system

je obtežitev peči in poskuša predvideti, kakšna bo skupna obtežitev peči v preteklem ali preostalem obračunskem obdobju. Na podlagi takih predvidevanj posreduje v primerih, ko so očitne preokrajčitve, s tem da zahteva zmanjšanje obtežitve ali pa izklopi posamezne peči za določen čas. V pomoč takemu ukrepanju so posebni instrumenti (Maximum Wächter — čuvaji konice), ki nam za določeno obračunsko obdobje kažejo dejansko porabo in nastavljeno porabo, za kar ima instrument po en kazalec. Če kazalca dospeta do končne lege istočasno, je dejanska obtežitev dosegla nastavljeno. Medsebojna razlika v kotu obeh kazalcev kaže na razliko med dejansko in nastavljeno vrednostjo; razlika je tudi merilo za potrebno zmanjšanje obtežitve, oz. za redukcijo. V principu obstajata dva načina za kontrolo maksimalne obtežitve: z zmanjšanjem obtežitve obločnih peči ter z odklopom obločne peči.

Osnova za redukcijo neke obločne peči je predvsem v tem, da se mora nahajati v fazi taljenja, t. j. takrat, ko so angažirane velike električne moči in ko ima zmanjšanje obtežitve ali njen izklop efekt. Zmanjševanje obtežitve obločne peči v času taljenja se lahko izvrši z zmanjšanjem toka ali z zmanjšanjem napetosti. V prvem primeru dobimo v peči neugodne razmere za gorenje loka: nizek tok in relativno visoko napetost (običajno talimo z maksimalno napetostno stopnjo), kar ima



Slika 7  
Povezava procesnega računalnika z obločnimi pečmi glede na vodenje konice

Fig. 7  
Connection of the process computer and the arc furnaces depending on the control of peak

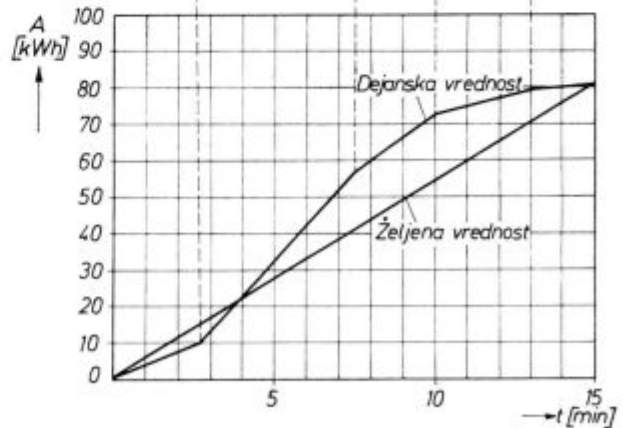
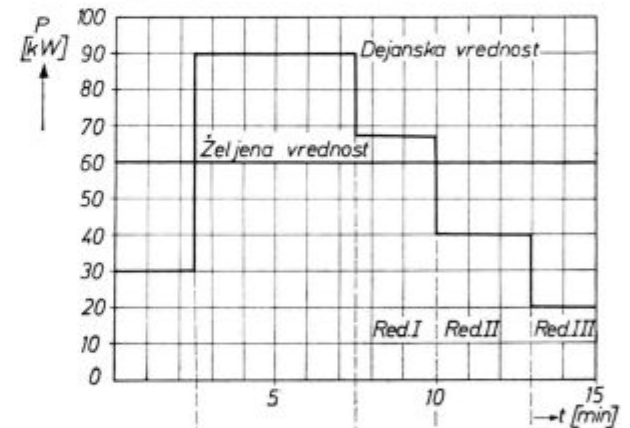
za posledico trganje loka in nemirno obratovanje. Zmanjševanje obtežitve s preklopom napetostnih stopenj pa pomeni neutemeljeno in prekomerno trošenje regulacijskega stikala transformatorja, zaradi tega je najpogostejša kontrola vodenja maksimalne obtežitve z odklopom obločne peči.

Ce želimo voditi razdeljevanje energije po pečeh in kontrolo maksimalne obtežitve potrošniškega sistema s procesnim računalnikom, potrebuje računalnik on-line informacije za:

- porabo električne energije po posameznih pečeh,
- porabo električne energije ostalih uporabnikov,
- začetek taljenja posameznih obločnih peči ter informacijo, posredovano s pomočjo operacijske konzole o prioriteti obratovanja obločnih peči ter o dovoljeni obtežitvi v času konice. Obločna peč dobiva od procesnega računalnika:
- informacijo o napovedi redukcije in
- povelje za izklop (dvig elektrod).

Razmere prikazuje slika 7.

S pomočjo prikazanih informacij računalnik obračunava posamezna obračunska obdobja ter predvidi vrstni red, oz. čas, v katerem je potreben izklop določenih agregatov, da dosežemo določeno obtežitev (sl. 8).



Slika 8  
Vodenje 15 min. vršne obtežitve — prikaz moči in porabe električne energije

Fig. 8  
Control of 15 minute peak load — presentation of power and electric energy consumption

Optimiranje v doseganju obtežitev sistema v obračunskih obdobjih je posebna in delikatna naloga. Odvisno je predvsem od časa, v katerem je potrebno voditi obtežitev; pri dvakrat dvournem kontrolnem dnevnem obdobju, iz katerega so izvzete sobote in nedelje, so tudi nekaj večje motnje procesa taljenja opravičljive, ker so beneficirane z nižjo ceno električne energije. Teoretični optimum bi bil dosežen, ko bi dosegli ravnotežje med nastalimi stroški za izpadlo proizvodnjo ter med zmanjšanimi stroški za električno energijo. Vendar vseh zastojev, ki jih povzročajo prekinitev taljenja, ne smemo prišteti na račun redukcij, saj je prenekatera prekinitev primerna za popravila peči, naknadno zlaganje itd. in bi nastala v naslednjem, z računalnikom nedefiniranem obdobju. Optimiranje zato ni zgolj računsko operacija, temveč mora biti predvsem rezultat presoje statističnih podatkov. Bistvena razlika v poseganju v proizvodnjo in v višini samih koničnih obremenitev je med enourno in med četrtturnim obračunskim obdobjem, kar v presoji vnaša dodatne organizacijske težave.

#### 4. VODENJE SAMODEJNEGA INFORMACIJSKEGA SISTEMA

Na sl. 5 in sl. 7 je prikazana konfiguracija računalniškega sistema: procesni računalnik za elektrotehniške aplikacije PDP 11/40 28 k, ki je povezan z vodilnim procesnim računalnikom PDP 11/40 96 k, se nahaja v posebni stavbi, oddaljeni od obeh jeklarn 1200, oz. 700 m ter približno 900 m od transformatorske postaje. Zaradi tega imamo v vseh teh treh objektih posebne prenosnike (ICR), preko katerih lahko računalnik sprejema ali pa oddaja digitalne in analogne signale. Tak sistem ima velike zmožnosti v prenosu in tudi v obdelavi podatkov, zato smo ga izkoristili še za nadaljnjo kontrolo proizvodnje in zbiranje podatkov.

V centralni transformatorski postaji opravljamo meritve porabe delovne in jalove energije po obločnih pečeh in za celotno podjetje, kot je to shematsko prikazano na sl. 6. Ustrezni impulzni števeci so direktno vezani na prenosnik; pri števcih, katerih impulze štejemo v sami transformatorski postaji, smo dodali ločilne reedreleje. Na isti prenosnik so v transformatorski postaji priključeni vsi opozorilni in zaščitni signali elektroenergetskih naprav.

Prenosniki v obeh jeklarnah so povezani z elementi obločnih peči preko relejev, da dosežemo dosledno galvansko ločitev elementov peči od elementov računalnika ter večjo vklopno-izklopno moč prenosnikovih elementov. S takim načinom povezave je bilo tudi mogoče obdržati na obločnih pečeh obstoječe nivoje pomožnih napetosti. Povezovanje obločne peči z računalnikom je zahtevalo določeno prilagoditev upravljaljskih krogov peči: paralelne komande za servomotorje, paralelna signalizacija, dodatna signalizacija, možnosti pre-

klopa od računalniškega vodenja na ročno; ta preklon je možen le za poseganje v času taljenja itd.

Samodejni informacijski sistem opravlja troje funkcij: beleži dogodke, zbira podatke in daje opozorila (alarmni sistem).

Beleženje dogodkov se sproža in prenaša avtomatsko, ob nastanku dogodka se zabeleži tudi čas nastanka:

- začetek taljenja,
- začetek šaržiranja,
- konec šaržiranja,
- vklop dušilke,
- izklop dušilke,
- vklop močnostnega stikala,
- izklop močnostnega stikala pod obremenitvijo,
- izklop močnostnega stikala,
- napoved redukcije,
- izvršitev redukcije,
- izliv taline itd.

Zbiranje podatkov je samodejno ali ročno, odvisno od stopnje mehaniziranosti in opremljenosti z merilnimi napravami. Podatki, ki se zbirajo samodejno:

- poraba električne delovne energije,
- poraba električne jalove energije,
- poraba kisika (predvideno v Nm<sup>3</sup>, sedaj se meri le čas pihanja),
- temperatura taline (predvideno).

Podatki, ki se zbirajo z ročnim vnašanjem:

- teža vložkov,
- teža taline,
- podatki o kvaliteti vložka.

Opozorila alarmnega sistema iz vseh treh prenosnikov se samodejno beležijo na teleprinterski konzoli v centralni transformatorski postaji. Namen takega beleženja je težnja po popolnejšem obvladanju dogajanj in možnosti iskanja vzrokov napak v obratovanju.

Dogodki, ki se beležijo samodejno:

- delovanje vseh vrst zaščit na obločnih pečeh in v centralni transformatorski postaji.

Rezultat samodejnega informacijskega sistema je izpisan protokol, ki je lahko:

- sproten protokol, ki se izpisuje za opozorila alarmnega sistema in za one dogodke, ki omogočajo pregled nad dogajanjem;
- poseben protokol, ki je lahko končni šaržni protokol ali dnevni protokol, ali pa protokol, ki zajema samo določene podatke, npr. porabo električne energije, trajanja redukcij itd.

Vloga samodejnega informacijskega sistema pa ni samo v protokoliranju podatkov in nadzorom nad tehnologijo in dogodki, temveč tudi v možnostih, da te podatke sproti računalniško obdelujemo iščoč tiste korelacije, ki pomenijo zmanjšanje stroškov in izboljšanje kvalitete.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Regelung der elektrischen Leistung von Lichtbogenöfen erfordert eine direkte Verbindung zwischen dem Prozessrechner und dem zuregelnden Objekt. Informationen über den Zustand des Prozesses in den vier Lichtbogenöfen und dem Verbrauch der elektrischen Energie im Hüttenwerk werden über INTERFACES übertragen in der Gegenrichtung aber werden Steuerungssignale für den Betrieb der Lichtbogenöfen übertragen. In diesem Artikel ist eine solche Regelung beschrieben. Ebenso werden auch die Einflussgrößen beschrieben auf welchen die zugehörige Software aufgebaut ist. Der gesamte System zur Regelung der elektrischen Leistung der Lichtbogenöfen mit einem Rechner umfasst: die Führung des Einschmelzvorganges der einzelnen Lichtbogenöfen, die Über-

wachung der Spitzenbelastung der Lichtbogenöfen bzw. des gesamten Hüttenwerkes und ein selbsttätiges Informationssystem. Der Einsatz des Rechners hat eine Verringerung des Verbrauches an elektrischer Energie, des Verbrauches an Graphitelektroden, sowie eine Verbesserung der Haltbarkeit der feuerfesten Zustellung zur Folge. Dies ist auf die optimierte Sschmelzföhrung, sowie den niedrigeren Preis je kWh, auch bei gleichem Verbrauch als Folge der Regelung der Spitzenbelastung zurückzuführen. Auserdem ist im System Lichtbogenofen — Transformatorstation — Rechner ein selbsttätiges Alarm und Informationssystem angebaud. Dieses gibt Warnungen, notiert Ereignisse und sammelt Daten.

## SUMMARY

Computer control of electric power of electric arc furnaces demands an in line connection between the process computer and the controlled object. Informations on the state of process in the four arc furnaces, and on the consumption of electric energy in the ironwork are send to the computer through intermediates while signals for corresponding interventions into the arc furnace operation are travelling in the opposite direction. The paper presents the scheme of such a control. Simultaneously, also components are given necessary for constitution of the corresponding software. The complete pack of computer control of electric power in electric arc furnaces consists of: the control of smelting in single arc furnace, the control of

peak load of arc furnaces and the whole ironworks, and the self-acting information system. The expected results should mean the reduced specific consumption of electric energy and of electrodes, and the increased life of lining due to the optimal control of smelting. Because of the control of peak load, also the reduced price per kWh at the same consumption of electric energy will thus result. Adding the self-acting alarm and information system which gives warnings, records events, and gathers the informations will represent an extension of possibilities of our transmissible arc furnaces — central transformer station — computer system.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление электрической силы дуговых печей при помощи вычислительной машины требует непосредственную связь (in line) между управляющей вычислительной машиной и объектом управления. Информации о состоянии процесса в четырех дуговых печах и расход электрической энергии металлургического завода передаются вычислительной машине посредством промежуточных деталей. В противоположном направлении протекают сигналы для выполнения необходимых воздействий на ход процесса дуговых печей. В работе подана конфигурация такого способа управления, приведены также элементы, на основании которых разработано соответствующее производство (software). Совокупная система управления электрической силой с вычислительной машиной включает: управление плавления отдельно для каждой дуговой печи,

управление при пиковой нагрузке дуговой печи, отн. всего металлургического завода и самостоятельную информационную систему. Ожидаемые результаты составляют: уменьшение удельного расхода электрической энергии и электрод, повышение устойчивости обкладки вследствие оптимального режима плавления и, как результат контроля пиковой нагрузки, снижение стоимости квт при одном и том же расходе электрической энергии. Как возможное расширение, которое дает передаточная система — центральная трансформаторная станция — счетчик, приключен автоматический сигнальный прибор, который дает указания и информационная система, которая отмечает события и собирает необходимые показания.