

KRALJEVINA SRBA, HRVATA I SLOVENACA

UPRAVA ZA ZAŠTITU



INDUSTRIJSKE SVOJINE

RAZRED 40 (2)

IZDAN 1. OKTOBRA 1927.

PATENTNI SPIS ŠT. 4499.

Ajax Electrothermic Corporation, Trenton, U. S. A.

Električna indukcijska peč.

Prijava z dne 21. oktobra 1925.

Velja od 1. septembra 1926.

Izum se nanaša na električne indukcijske peči, ki delajo prednostno z višjimi frekvencami od onih, ki se uporabljajo v silostrujnih krogih, in pri tem na najugodnejši način dovoljujejo razgrevanje na visoke temperature. Peč se lahko šaržira z nemagnetnimi provodnimi vsadnimi materijali, kakor tudi z magnetnimi materijali pri temperaturah, iznad katerih ti materijali zgube svoje magnetne lasnosti.

Predležeci izum bazira na novem spoznanju, da obstoji izvesten odnošaj med frekvenco inducirajoče struje take peči in med premerom kakor tudi provodnim uporom taliva, katerih odnošajev se poslužimo za gradbo praktično uporabljive peči.

Nadaljno novo spoznanje leži v tem, da se more zmanjšati tudi višina frekvence, ki je prikladna za visoke temperature določeno peč, ki ne potrebuje nikakega vmesnega tačenja transformatorskih želez, s tem da se veličina vsada peči dovede v obratno kvadratično proporcionalnost k uporabljeni frekvenci.

Nadaljni oznak izuma leži v tem, da se rotirajoči večpolni izmeničnostrujni generator uporablja v zvezi s tako pečjo pri frekvenci, ki je zadosti visoka, da je praktično uporabljiva, ne da bi bilo v peči potrebno vmesno tačenje transformatorjev z železnim jedrom.

Nadaljni oznak izuma obstoji v tem, da se pri peči, pri kateri se uporablja tak rotirajoči večpolni izmeničnostrujni generator, predvidijo priprave za korekturo za skupni faktor efekta, kakor kondensatorji.

Prijavilec je nadalje našel, da obstoja tudi izmeničen odnošaj z ozirom na zasnovne stroške, s tem da po eni strani pri rastoči frekvenci porastejo stroški za generatorje in po drugostrani pojemajo stroški ob vgradbi priprave za izboljšanje faktorja efekta. Ta izmenični odnošaj omogoča, da se dobi ekonomična naprava z najmanjšimi celokupnimi stroški, s tem da se odmeri peč odgovarjajoče pronajdenim vrednostim, ki so med seboj v nekih odnošajih.

Nadalje ima izum namen držati razmerje upora induktorjeve ovitine k njeni induktanci odgovarjajoče nizko, in sicer potem uporabe tuljave, koje radijalna dimenzija provodnika je v izvesnom razmerju k njenemu primeru, tako da postanejo izgube na energiji v tuljavi male; nadalje, se po izumu struja samodelno priladogi višini vsadnega materijala; nadaljni oznak obstoji v tem, da se uporabljajo sekomično postavljene ovitine, pri čemur je tvoren vsak posamezni zavinek iz skupine paralelno tačenih provodnikov. Končno se napravi odnošaj med posameznimi konstrukcijskimi oznakami in fizikalničnimi kakor tudi električnimi konstantami, zato da se napravi peč uporabljivo za železaprosto induktivno razgretje pri frekvencah, ki so znatno nižje od frekvenc, ki se ih je do sedaj smatralo kot edino uporabljive za podobne svrhe.

Shematične slike 1, 2, 9 in 10 so navpični preseki — poslednja dva sta prekinjena — peči, pri katerih je uporabljen izum.

Sl. 3 in 4 sta diagrama ozir. shematične ponazoritve, ki predočujejo strujne gústote

izpod površine provodnika in pa razmere, ki obstojajo v razgretem provodniku pri maksimalnem faktorju efekta. Sl. 5, 6 in 8 so enostavne tačilne slike, ki kažejo različne možnosti, da se dovede negativna reaktanca v strujni krog. Sl. 11 kaže, na kakšen način se struja samodelno prilagodi množini vsadnega materiala. Sl. 12 predstavlja krivulje generatorskih in kondensatorskih stroškov s krivuljo svote celokupnih stroškov.

Izum omogoča uporabo visokofrekvenčne indukcije pri razgretju kovin, ki se ne dajo magnetizirati in pri razgretju kovin, ki se dajo magnetizirati iznad njihove rekalescenčne točke, ter talitev vseh kovin v frekvenčnem območju generatorjev običajnih večpolnih tip.

Prejšnji predlogi v tej smeri so bili neučinkoviti in za faktično uporabo neuporabljivi, predvsem radi pomanjkljivega spoznanja z ozirom na medsebojne odnose dimenzijskih, fizikalčnih in električnih konstant peči in strujnega kroga, pri čemur so bili rezultati poskusov napačno pojmovani in so se za šaržo večinoma uporabljale prenizke frekvence. Celo pri prejšnjih patentih prijavitelca se ni bilo spoznalo, da se morajo uporabljati frekvence, ki so v območju direktnega preskrbovanja po generatorjih običajne večpolne tipe.

Tipična konstrukcija za brezželezno induktivno razgrevanje je shematično predočena na sl. 1. M je trdna masa, ki se ima segreti po v njej induciranih električnih strujah. Z in I je označen induktor, ki je izobličen kot enoslojna, sekomično navita tuljava ploskega preseka ter je izdelana bodisi iz polne kovine z zračnim hlajenjem, ali pa kot ploska cev, skozi katere teče voda. Izmenična elektromotorna sila se pritisne na prižime 13 in 14. V tej sliki so označeni premeri naslednje: premer kovine je označen z d , notarnji premer tuljave z D , zunanji premer tuljave z D^0 in srednji premer tuljave z A . V svrhu lažjega ozira sta polmera kovine in notarnje strani tuljave označena z B in C . Višina $H = H_1 A$, pri čemur more biti H_1 konstanta za več peči. Izolscija ima debelino h in tuljava globino t , ki je za več peči voljena enaka $A t_1$, pri čemur je t_1 konstanta. Dovodi so predočeni pri 13 in 14.

Na sl. 2 so uporabljene iste zadevne označbe, samo da je namesto tuljave predočena le prostor, za to tuljavo določen, zato da se naznači, da more obstojati tuljava iz enega samega ali pa iz poljubnega števila zavinkov, in da je lahko hlajena z vodo ali z zrakom.

Toplinska izolacija 15, ki lahko služi kot nosilec za induktor, je razvidna v notar-

nosti tuljave, pri čemur ostane med njo in piskrom 17 zračni prostor.

Tuljava I more imati poljubno število zavinkov n , ki so lahko naviti v enem samem sloju v prostoru, ki ima višino H in debelino t .

Magneten izmeničen silotok ozir. izmenično polje nastane znotraj tuljave I. Ako je tuljava prazna, tedaj pokriva ta silotok enakomerno celo območje. Največi del tega silotoka gre, če je vsajena šarža, skozi maso M , približno podložni smeri tuljave, en del toka pa gre v podložni smeri tuljave med njo in maso M skozi izolacijo. Edino oni del totalnega silotoka, ki gre skozi maso M , more v isti inducirati električne struje.

Ako bi bilo magnetno polje v prostoru znotraj tuljave popolnoma enakomerno, potem bi bil oni del totalnega silotoka ki gre skozi M , enak $\frac{S}{S}$ celokupnega silotoka, pri

čemur pomeni s presek skozi vsadno maso M in S celokupno ploskev preseka znotraj tuljave. Magnetno polje pa se razprostira v bližini konca tuljave, tako da je število razmerja silotoka, ki gre skozi maso, nekoliko manjši od $\frac{S}{S}$. Ako je dolžina tu-

ljave približno enaka njenemu premeru in ako so razmere iste kot sl. 1, tedaj je faktor skopčanja med tuljavo in maso približno enak $\frac{d^2}{D^2} \cdot 0,80$. Pri predočeni razmerah znaša „faktor skopčanja“ približno 62%.

Ako raste struja v tuljavi I od ničle do neke najviše vrednosti, tedaj silotok skozi maso M povzroča močne električne struje v masi, ki v splošnem potekajo v smeri oboda in razvijajo toploto. Gostota teh struj je največja na površini in postaja tem manjša, čimbolj raste razdalja od površine. Ako ima masa dobro prevodnost in ako je njen premer zadosti velik, tedaj postane gostota struje enaka ničli, predno se doseže os in cela elektromagnetna energija silotoka se oddaja masi v obliki toplote.

Stopnja razgretja mase za izvestno število amperezavinkov tuljave je proporcionalna frekvenci, kakor je to propisano v prejšnjih patentih prijavitelca.

Z višjo frekvenco in večjo električno prevodnostjo materiala raste tendenca za koncentracijo skozi maso M tekočih struj blizu oboda mase.

Ako sta provodni upor in premer mala, tedaj se morajo uporabljati zelo visoke frekvence, ako naj se elektromagnetna energija cela spremeni v toplotno energijo, predno doseže vstopajoča energija os mase. Če se je poskusilo obratovati peč s prenizkimi frekvencami, tedaj sta padla v izredni meri učinkovitost in faktor efekta, in to je vodilo do

domneve, da nižje frekvence niso uporabljive brez transformatorskih želez za razgretje nemagnetnih kovin na visoke temperature. Grafitni drog premera 1 cole zahteva najmanj 5000 perijod, med tem ko se pri zlitini malega provodnega upora, kot med, koje premer nikakor ni mnogokrat večji, cela energija pri 500 ali manj perijodah na sekundo spremeni v toploto, pri čemur pa se mora število ampère-zavinkov induktorja znatno povečati, da se doseže isti kurilni efekt. Pri močnejših strujah mora imeti potem tuljava večji presek, sicer postanejo izgube na efektu v tuljavi večje. Znaten presek se lahko dobi s tem, da se širok provodnik navije sekomično.

Ako potrebna frekvenca raste, tedaj postane izdelanje izmeničnostrujnega stroja za proizvajanje visokofrekvenčne struje dražje in trenutni skok cen nastane pri istočasnem znižanju učinkovitosti, ako je frekvenca tako visoka, da se ne more uporabiti rotirajoče tipe večpolnega generatorja.

Na sl. 3 je predočen delni presek skozi maso, čije največja dolžina znaša 1 in največja debelina 2. Ista poseduje prosto površino a—a in znatno raztezanje navpično k ravnini risbe. Desno od površine se nahaja magnetno izmenično polje, kojega smer je dana s črto p. Silokaznice tega izmeničnega polja segajo u maso M, kakor je to označeno s črtkanimi črtami g'; polje izgubiva na jakosti, čimbolj se prihaja na levo v maso. Ker je polje izmenično, se inducirajo v masi električne struje, kojih strujna smer poteka pravokotno k ravnini risbe.

Gostota struje in razgretje postajata po izvestnem zakonu vedno manši, čim dalje se dospe u maso. Črti c in c' na sl. 4 kažeta pojemek struje ozir. vrednosti $i^2 r$, čim dalje se napreduje od površine a—a na sl. 3 na levo v maso.

Ako potegnemo na sl. 4 navpično črto 2—4 na ta način, da je ploskev, ki jo zauzema pravokotnik 0—1—2—4—0 enaka šrafirani ploskvi pod krivuljo c, tedaj podaja širina 1—2 tega pravokotnika takozvano „globino vniknjenja“ struje v maso M. Ordinate c predstavljajo gostoto struje in abscise predstavljajo razdalje od površine mase, medtem ko predstavlja šrafirana ploskev celokupno inducirano strujo.

Steinmetz je v svojem delu „Transient Electric Phenomens“, capit. VI in VII (stran 383) obrazložil, da se pri nemagnetnem materialu more ponazoriti „globino vniknjenja“ z izrazom

$$e_p = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{N}} \quad (1)$$

pri čemur je ρ provodni upor materiala in N frekvenca inducirajočega izmeničnega polja.

Ta formula se nanaša na maso z ravno površino. Konkavnost površine zmanjšuje in konveksnost zvišuje nekoliko globino. Ker gre v predležčem slučaju za valje zmernege premera s konveksnimi površinami, se lahko uporablja z dobro približnostjo naslednja

$$\text{formula: } e_p = 6000 \sqrt{\frac{\rho}{N}} \quad (2)$$

Iz krivulje c, sl. 4 je razvidno, da je pri prodrenju v maso za štirikratno „globino vniknjenja“ postala vrednost gostote struje na tem mestu približno 1/20 prvotne vrednosti, medtem ko znaša pripadajoče ogretje

$$c' \text{ samo } \left(\frac{1}{20}\right)^2 = \frac{1}{400} \text{ onega ogretja, ki je}$$

obstajalo na površini mase. Faktično obstoječe vniknjenje je kvečjemu zelo nizek mnogokratnik „globine vniknjenja“. Vzeli smo, da znaša štirikratno „globino“. To se v posameznem slučaju lahko korigira, da se oziramo na trenutno obstoječe razmere.

Ako je dosežena štirikratna „globina vniknjenja“, tedaj je kurilni efekt struje padel na zanemarljivo malo vrednost, tako da se je praktično pretvorila cela elektromagnetna energija elektromagnetnega izmeničnega polja v toploto. Če se predpostavlja, da naj v to znaša polumer šarže ravnopolno ali več od štirikratne „globine vniknjenja“, te-

$$\text{daj je premer šarže } D \geq 8 e_p = 48000 \sqrt{\frac{\rho}{N}}$$

$$\text{ali približno } D \geq 5 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{\rho}{N}} \quad (3)$$

Tako naj na primer za med, čije provodni upor znaša približno $40 \cdot 10^{-6}$ in pri frekvenci 360 perijod, ne bo premer šarže manjši od 16.7 cm. Induktor se svrhi primerno ovije v enem samem sloju in je prednostno tvoren iz ploskega, sekomično ovitega provodnika, zato da se doseže mnogo zavinkov in mal upor.

Provodnik more biti poln ali votel, da se lahko napelje skozenj hladilna tekočina.

Po sl. 1 ima induktor ploščino podolžnega preseka Ht dolžine H in debeline t, katere en del zavzema baker ovitine, en del izolacija in en del voda ali zrak ali pa kakšno drugo hladilno sredstvo.

Če zavzema induktor celo površino Ht, tedaj je njegov provodni upor kakor bakrov, $2 \cdot 10^{-6}$ pri delovni temperaturi, ulomljen z razmerjem faktično od bakra zavzete ploščine k celokupni ploščini Ht. Ako se radi jednostavnosti predpostavlja, da obstoja približno polovica preseka iz bakra, tedaj je provodni upor cele ploščine H. t. $\rho = 4 \cdot 10^{-6}$.

Razseg od induktorja zavzetega prostora v razmerju k njegovim premerom se lahko

prosto voli med širokimi mejami in je voljen tako, da znaša i^2R izguba v tuljavi samo majhen del celokupnega, peči dovajanega efekta, približno 10–20%. Za to izgubo se našlo, da naj znaša debelina t približno 1/20 notranjega premera tuljave. Kakorkoli se izvoli to razmerje, obdrži se lahko s približno isto prednostjo isti odnošaj med debelino prevodnika in premerom tuljave pri pečeh različnih velikosti.

Razmerje med premerom mase M in notranjim premerom induktorja določuje skopčanje in ta določuje zopet faktor efekta peči. To razmerje naj bo torej čim največje, ne da bi pri tem nedopustno omejilo toplinsko izolacijo. Tudi mora biti prostor za ostenje piskra, ako je slednji neprovoden.

Čim višja je temperatura, tem večji mora biti izolirajoči prostor. Normalno ni treba, da bi bil za peč večjega premera večji kot za isto manjšeg premera. Vsled tega bo, čim večja je peč, tem večje razmerje med premerom vsadnega materiala in notranjim premerom tuljave, tako da se dobi za večje peči boljše skopčanje in vsled tega boljši faktor efekta.

Ako se drži razmerje $\frac{B}{c}$ približno na 0.80, tedaj bo znašal faktor skopčanja približno na 51%. Višina indukcijske tuljave je svrh primerno približno enaka njenemu notranjemu premeru.

Faktor skopčanja je običajno enak približno 0.8 $\frac{s}{S}$. Razlike nastanejo tu predvsem zato, da se oziramo na dolžinsko dimenzijo. Brez posebne napake se ga lahko vzame kot $\phi = \frac{0.8 d^2}{D^2}$ in praktično se ϕ izpreminja običajno med 0.5 in 0.7.

Ako ima induktor samo en zavinek, tedaj je njegov upor $r' = \frac{\pi A}{H \cdot t} \rho'$ (4) in bilo je že obrazloženo, da znaša običajna vrednost za $\rho' = 4.10^{-6}$ Ohm-ov pro cm^3 .

Ako se drži razmerje $\frac{A}{t} = K$ konstantno in ako je v prostoru $H \cdot t$ nameščenih n zavinkov, potem je upor n^2 -krat tako velik ali

$$r' = \frac{n^2 \rho' K}{H} \quad (5) \text{ ali}$$

$$r' = \alpha \frac{n^2}{H} \quad (6)$$

α se bo v naslednjem uporabljal kot označba za konstante, čeprav so absolutne vrednosti teh konstant med seboj različne.

Prazna indukcijska tuljava ima samoindukcijsko $L = \alpha n^2 D$.

Ker je $D = 5.10^4 \sqrt{\frac{\rho}{N}}$, drugače izražen $= \alpha \rho^{\frac{1}{2}} \cdot N^{\frac{1}{2}}$, se izpreminja D v premem razmerju h kvadratu provodnega upora kovine in v obratnem razmerju h kvadratu uporabljene frekvence.

Iz zadnje formule sledi $N = \alpha \frac{\rho}{D^2}$.

Upor izmenične struje prazne tuljave $x = 2\pi NL$; iz tega sledi za $x = \alpha \rho \frac{L}{D^2}$ in ker je $L = \alpha n^2 D$, potem je $x = \alpha \frac{n \rho}{D}$. (7)

Reaktanca prazne tuljave, se menja torej v premem razmerju s provodnim uporom šarže in obratno z njenim premerom ali drugimi linearnimi dimenzijami.

Ako je pretvorba elektromagnetne energije v toplotno energijo popolna predno se doseže os mase, tedaj je prevzeti efekt P .

$$P = 2NW_1 = \phi L N^2,$$

pri čemur je $W_1 = \frac{1}{2} \phi L I^2$ energija, ki jo struja razvija vsakokrat, kadar doseže svoj maksimum I .

Ako ima izmenična struja obliko sinusa in če je I njena efektivna vrednost, potem je $I^2 = 2I^2$ in $P = \phi L N^2$. Ker je $x = 2\pi NL$, potem je z zadostno točnostjo prevzeteje energije po masi v eni tuljevi

$$P = \phi x I^2. \quad (8)$$

To je odvisno od vzdržanja odnošaja. (3)

Ako se spojita jednačbi (7) in (8), potem se dobi

$$P = \alpha \frac{\phi \rho}{D} (ni)^2. \quad (9)$$

Število ampère zavinkov (ni) je torej odvisno od energije; ki se ima vzprejeti in n je odvisno od opstoječe napetosti.

Ker je $P = E i F$, pri čemur je F faktor efekta, se lahko stopnja razgretja določi iz faktorja efekta, če sta poznana E in i .

Ako je masa nemağnetna, faktor efekta F in skopčanje ϕ , tedaj je približni odnošaj:

$$F = \frac{0.45}{\sqrt{\phi^2 + 2 - 2\phi^2}}. \quad (10)$$

Kakor je razvidno, je F odvisen samo od skopčanja. Ako je jednako enoti, potem je $F = 0.45$ in če je $\phi = 0$, potem je $F = 0$.

Električna učinkovitost je $E_r = \frac{P}{P + i^2 R}$. Električna učinkovitost se lahko smatra za približno jednako pri pečeh različne velikosti, ako se obdrži preje napravljene predpоставe, ker se, kako smo pokazali, P in $i^2 R$ menjata direktno z $\frac{(ni)^2}{D}$.

Korektura faktorja efekta se povzroči s pomočjo statičnih kondenzatorjev, ki so ta-

čeni v seriji s tuljavo nizke napetosti ali pa tudi prednostno v stranskem stiku s tuljavo induktorja. Generator G običajno večpolne tipe, ki oskrbuje peč z visokofrekvenčno strujno oddaja potem strujno v fazi z generatorjevo napetostjo. Generator mora dajati samo v fazi se nahajajočo komponento KVA (Kilovoltamper), metem ko dajejo izven faze nahajajočo se komponento kondenzatorji. Generatorjev efekt mora biti, če je sploh, le za na nekoliko večji od porabi peči na kilovatih.

Štiri primerna tačenja od večjega števila možnih kondenzatorskih tačenj v strujnem krogu so predočena na sl. 5—8, od katerih predstavljata slika 5 in 6 splošno obliko tačenja v stranskem stiku in v seriji kondenzatorja C v krog, ki vsebuje generator G in tuljavo induktorja 18. V predočenem slučaju poseduje tuljava reaktanco x in upor R , če je peč v pogonu.

Po sl. 7 in 8 so izvedena odgovarjajoča tačenja v stranskem stiku in v seriji, čeprav ni kapaciteta direktno tačena v krog, temveč priključena induktivno s pomočjo transformatorjev 19, kojih primare leže, kakoršen je pač slučaj, paralelno ali v seriji s tuljavo induktorja in kojih sekundare leže s kapacitetami C' v seriji.

Za korekturno faktorja efekta pri tako nizkih vrednostih, kot pri peči po izumu, bi bili pa potrebni čezmerno veliki generatorji in provodniki. Generatorji za izmenično strujno se gradijo z ozirom na odajo KVA in njihovi stroški pro KVA efekt rastejo s frekvenco, pri čemur stroški trenutno porastejo, če postane frekvenca previsoka, da bi se moglo uporabiti rotirajočo večpolno tipo. Po drugi strani padajo stroški kondenzatorjev z veličino CE^2 in padejo vsled tega računani po KW z rastočo frekvenco. Te razmere stroškov naprave predočujoče krivulje so predočene pri 21 in 22 na sl. 12, in 23 kaže svoto teh dveh krivulj, t. j. krivulja 23 daje nabavne stroške kombinirane generator-kondenzator-naprave, ako se predpostavlja izvestna veličina naprave. To je treba za posamezne priprave posebej določiti.

Razvidno je, da protoka krivulja 21 v svojem spodnjem koncu skoro plosko in po izumu se namerava, izvoliti si frekvenco, ki korespondira s spodnjimi vrednostmi te krivulje, zato da postanejo kombinirani generatorski in kondenzatorski stroški čim najnižji. V gotovi meri je še vedno dopustna izbira, ki je odvisna od tega, dali se smatra, za ugodnejšo čim najvišjo ali pa čim najnižjo še uporabljiva frekvenca.

Predočena krivulja je zasnovana ob predpostavko paralelno tačenje kondenzatorja. Ista bi se izpremenila, če bi se uporabila v

svrhu dosege negativne reaktance druga sredstva kakor kondenzator. Tudi drugi faktorji, kakor menjajoči se materialni stroški, izboljšanje modelov ter izdelovalnih metod, bodo izpreminjali obliko vseh treh krivulj od slučaja do slučaja.

Lahko je razvidno, da je KVA efekt kondenzatorja, ki je potreben, da se pri tačenju kondenzatorjev v stranskem stiku zviša faktor efekta na prižemnikih peči za 100% enak:

$$KVA = \frac{W\sqrt{1-F^2}}{F}$$

Stroški kondenzatorjev so torej:

$$Sc = \frac{KW\sqrt{1-F^2}}{F}$$

pri čemur je K konstanta.

I^2R -izguba v notarnosti induktorja pro volumsko jednoto induktorja znaša $A^{-4} (ni)^2$, kar se da lahko dokazati. Lahko se tudi uvidi, da sta, če obratujejo geometrično podobne peči z enakimi vrednostmi $A^{-4} (ni)^2$, (kar se normalno pri polnem obteženju), kurilna intenziteta kakor tudi razmerje induktorjeve reaktance in upora, direktni funkciji produkta A^2N . Kurilna intenziteta je tu definirana kot efekt, ki se v vnotranosti vsadnega materiala peči pro volumsko jednoto istege pretvori v toploto.

V pečeh, ki obratujejo z istimi vrednostmi $A^{-4} (ni)^2$ pod pogoji ki vodijo do istih vrednosti A^2N , bi se morala toplota prenašati v zadevne vsadne materiale z istimi intenzitetami in majhna, s 50.000 periodami frekvence obratujoča peč bi morala delovati na isti način kakor peč, ki ima desetkratni premer in ki obratuje s 500 periodami, pri čemur je šarža in potrebni efekt za večjo peč približno 1000-krat tako velik kot pri mali peči. Te peči naj bi imele isto učinkovitost peči in isto intenziteto toplinskega razvoja.

Če bi se pa poizkusilo obratovati manjšo peč s 500 periodami, tedaj bi bila struja, ki je omejena po dopustnem vzsprejemu toplote induktorske tuljave, ista kakor prej in izguba na toploti v induktorju bo imela približno isto vrednost kakor za 50.000 period, med tem, ko bi šarža oddana toplota, — če bi bilo mogoče obdržati isti faktor efekta — padla na 1% njene prejšnje vrednosti. Faktor efekta pa pade vsled padajoče reaktance kakor tudi vsled indukcije, ki se razsiplje v sredini sadnega materiala, tako da je koristno v toploto pretvorjeni efekt brezpomemben. Vsled tega se ne smemo čuditi, da so vsled raspadnega padanja kurilnega efekta in učinkovitosti, ko je indukcija doseglja sredino vsadnega materiala, smatrali strokovnjaki, da je induktivno razgretje nemagnetnega materiala s frekvencami, kakoršne

se lahko doseže z večpolnimi generatorji, popolnoma neizvodljivo in da so se smatrali predlogi te vrste kot fantastični. Od obeh gore omenjenih peči je večja sposobna, da hitreje razgreje vsadni material, da obratuje pri odgovarjajoči učinkovitosti pri nižjih frekvencah in da doseže celo višje temperature pri večjem materialnem opsegu (t.j. pri materialih, pri katerih se izpreminja provodni upor med širšimi mejami), kot manjša peč. Pri istih temperaturah ima večja peč manjše izgube vsled izžarevanja pro volumsko jednoto kot manjša peč. Za isto napetost ima manjša peč vez zavinkov in višjo frekvenco od večje peči.

Za iste vrednosti $A^{-4}(\text{ni})^2$ in A^2N se izpreminja frekvenca obratno s kvadratom polumera. Pri isti intenziteti dovajane toplote in pri isti učinkovitosti so vrednosti E/An jednake. Vsled tega se lahko poskrbi za prednostno napetost potom odgovarjajoče izbire števila zavinkov.

Vendar pa se veličina ne more neomejeno povečavati.

Izum je dobro sposoben za indukcijo brezvmesnega tačenja transformatorskih želez. Očividno more električno provodna sprema, kakor n. pr. pisker, služiti kot obremenitev.

Ceprav se daje prednost temu, da se ne uporabljajo transformatorji in pretvorilci frekvence, je treba vendar pripomniti, da se v slučaju potrebe more napetost povišati s pomočjo ene in frekvenca s pomočjo druge priprave, pri čemur nastanejo v obeh slučajih le male izgube na energiji.

Na sl. 9 in 10 so predočene sekomične ovitine, od katerih je ena hlajena z vodo in druga z zrakom. Vsaka vrsta ima svoje prednosti: z vodo hlajena tuljava pokazuje prednost nizke temperature tuljave in naglega ter zanesljivega odvoda toplote od tuljav, z zrakom hlajena tuljava pa ima prednost jednostavnosti in pa to, da se ni treba bati vstopa vode v peč. V obeh slučajih so posamezni zavinki 24, 24' izobličeni kot skupina ali množina sekomično ovitih, paralelnih električnih provodnikov, tako da sega en „zavinek“ preko zelo znatne dolžine površine peči paralelno k njene osi, ne da bi se bilo treba odreči prednosti zanesljivega hlajenja. V predočenem slučaju obstojajo trije provodniki za vsaki zavinek. Ta večkratna razporedba je zelo zaželjena tam, kjer zahteva konstrukcija samo malo zavinkov. Na sl. 9 so vodni dovodi označeni s 25 in vodni odvodi s 26. Eni ali oboji provodi lahko služijo za električne priključke kakor pri 25', 25', ali pa so lahko ti priključki predvideni ločeno. Dva zavinka sta na sl. 9 razvidna na obeh straneh in na sl. 10 samo na eni strani. Izgubam na struji vsled vodbe se izognemo z upo-

rabo izoliranih cevi za dovode in odvode vode.

Provodniki, ki tvorijo vsak zavinek, ne potrebujejo medseboj nikake izolacije, vendar pa je vsak zavinek napram drugim izoliran, kot je to predočeno pri 27, 27'. Pri obeh izvedbenih oblikah štiti toplinsko izolirajoča in tuljavo noseča cev 15 pred toploto peči.

Po sl. 11 se dovajana električna energija samodelno regulira odgovarjajoče aksialnemu razsegu vsadnega materiala, ki odgovarja v tem slučaju globini šarže v piskru.

Induktor je podrazdeljen v katerokoli število delov — tukaj v dva dela — ki pokazujejo sami prej omenjeno večkratno rasporedbo. Odseka induktorjeve tuljave 28 in 29 učinkujeta na polno šaržo natančno tako, kot da bi bila oba odseka tačena v seriji, razven, da se vsled njihovega paralelnega tačenja skozi tekoča struja odgovarjajoče zviša. Ker pa impedanca vsakega odseka omejuje v njem tekočo strujo, bo v vsakem odseku obstojala zelo zmanjšana impedanca, ako isti obdaja provodno šaržo. Pri globini šarže, ki znaša samo polovico one pri polni šarži, je impedanca spodnje tuljave 29 v bistvu ista kakor pri polni šarži, torej bistveno manjša, kot če bi ne bilo nobene šarže. Gornja tuljava pa ne obdaja nikake šarže peči in ima torej visoko impedanco prazne tuljave, iz česar sledi, da bo strujala skozi gornjo tuljavo zelo slaba struja in nadalje, da se struja v spodnji tuljavi vsled zvišane impedance zgornje tuljave ne bo zmanjšala. Faktor efekta kakor tudi učinkovitost se na ta način vsled samodelne koncentracije struje v spodnjem odseku tuljave pri obratovanju z malo šaržo bistveno zvišata, da se s temi primerja one vrednosti faktorja efekta in učinkovitosti, ki jih dobimo, če bi pri isti in mali šarži tekla struja na isti način v obeh odsekih induktorjeve tuljave. Skopčanje in izgube se istotako bistveno izboljšajo.

Induktorski upori, s katerimi se je dosedaj ravnalo kot s konstantnimi, se nekoliko izpreminjajo z frekvenco in v precejšnji meri z zvišanjem dopustne temperature.

Našlo se je, da znaša spodnja meja prikladne frekvence za razgretje materialov, kakor baker in med, na primer v rahli šarži, približno 360 period in da ne nastanejo pri skupnih stroških generatorske in kondenzatorske naprave nikakše bistvene izpremembe do približno 500 period, kar še vedno leži v območju običajne rotirajoče večpolne tipe izmeničnostrujnega generatorja, ne da bi se moralo uporabljati pretvorilce frekvence. Za induktorje teh peči potrebne napetosti leže znotraj napetosti, ki se jih more dobiti od takih generatorjev brez uporabe transformatorjev.

Kjer je podano, da se tuljava peči oskrbuje od generatorja, ni v tem zapopaden samo direktni dovod od generatorja, temveč tudi dovod preko transformatorja ali pretvorilca frekvence.

Izum ni uporabljiv samo za razgretje trdnih nemagnetnih kovin in magnetnega materiala nad točko rekalescence, temveč tudi še posebno za ta taljenje kovin in so se v tej uporabi dosegli izredno ugodni uspehi.

Patentni zahtevi:

1. Postopek za razgretje na visoke temperature s pomočjo indukcijskih peči, brez vmesnega tačenja železnih transformatorjev, ki se oskrbujejo s strujami takih frekvenc, ki leže v območju rotirajočih večpolnih generatorjev, označen s tem, da se izba peči odmeri tako, da se v bistvu izpremeni vsa v vsadnem materialu peči inducirana elektromagnetna energija v toploto, predno se doseže sredina šarže.

2. Postopek po zahtevu 1, označen s tem, da se faktor efekta generatorja v bistvu drži na vrednosti 1 potom negativne reaktance v generator-krogu induktorja peči.

3. Postopek po zahtevu 2, označen s tem, da je tvorjena negativna reaktanca po kapaciteti v generatorskem krogu, ki leži paralelno ali v seriji z induktorsko tuljavo peči

4. Postopek za razgretje na visoke temperature, označena s tem, da protoka struja induktorja peči na več potih in da se struja na vsakem delu poti, ki obdaja šaržo, samodelno obdrži v bistvu na isti jakosti, medtem ko se jakost struje na ostalih poteh zmanjša.

5. Postopek po zahtevih 2. ali 3, označen s tem, da so strujne poti tačene električno paralelno.

6. Postopek po zahtevih 1. do 5, označena s tem, da veličina izbe peči, če je ta napolnjena z vsadnim materialom, predstavlja funkcijo razmerja provodnega upora šarže k indukcijski frekvenci, uporabljeni za peč.

7. Postopek po zahtevih 1 do 6, označen s tem, da se v srho obdržanja celokupnih zasnovnih stroškov na ali blizu najnižje vrednosti izvoli za uporabljeno frekvenco ona ali vsaj približno ona vrednost, pri kateri svota z rastočo frekvenco rastočih generatorskih stroškov in z rastočo korekturne priprave za faktor efekta daje najnižjo vrednost, ali približno najnižjo vrednost. in da je peč odmerjena odgovarajoče voljeni frekvenci.

8. Priprava za razgretje, označena s tem, da se v to svrhu olajšanja hlajenja provodnikovih zavinkov induktorja, ki zavzame pro zavinek znatno dolžino v osni smeri provodnika, podrazdeli zavinek v večje število sekomično ovitih električno-paralelno tačenih delov, ki se hladijo za se, pri čemur poseduje vsak del preseka, koježa radialni razseg je večji kot aksialni.

9. Peč za izvedbo postopka po zahtevih 1 do 8, označen s tem, da se provodni upor šarže, izvoljena frekvenca ter odmere izbe peči dovedejo v tak medsebojni odnošaj, da se elektromagnetna energija pretvori v šarži v bistvu cela v toploto, predno je ta energija dosegla sredino šarže, in da oskrbuje rotirajoči generator večpolne tipe ovitino izbe peči z strujo izvoljene frekvence.

10. Peč po zahtevu 9, označena s tem, da se faktor efekta drži približno na enoti, s tem da se z induktorjem peči zveže eden ali več kondenzatorjev, ki so tačeni paralelno ali v seriji k induktorju peči in v krog, ki obsega generator in peč, pri čemur poseduje rotirajoči večpolni generator frekvenco, ki je višja nego običajne frekvence omrežij.

11. Peč po zahtevu 10, označena s tem, da so provodniki indukcijske tuljave peči v aksialni smeri ožji kakor v radialni in da notarnji premer indukcijske ovitine ni manj kot osemkrat in ne več kot dvajsetkrat večji od radialne provodne dimenzije induktorja.

12. Peč po zahtevu 11, označena s tem, da je induktor izobličen votlo ter da poseduje dodatno hlajenje potom tekoče vode.

13. Peč po zahtevu 13, označena s tem, da je induktor porazdeljen v večje število ločenih ovitih, ki vse leže električno paralelno.

14. Peč po zahtevu 13, označena s tem, da se dovaja hladilna voda tuljavam istotako paralelno.

15. Inducijska peč za visoke temperature, pri kateri ni potrebno vmesno tačenje transformatorskih želez, označena z enoslojnim solenoid-induktorjem in z od tega obdano nemagnetno provodno šaržo, pri čemur obstoja med premerom in provodnim uporom šarže ter frekvenco struj v induktorju odnošaj:

$$D = 50.000 \sqrt{\frac{\rho}{N}}$$
, pri čemur pomeni D premer šarže v cm., N število period v sekundi in ρ Ohm-e pro cm.³







