



9. САВЕТОВАЊЕ ТОПЛАНА ЈУГОСЛАВИЈЕ, НОВИ САД 31.5. - 2.6.1995.

ТОРТУОС
Ze=Energija+Ekonomija+Ekologija

ЗБОРНИК РАДОВА

КЊИГА 1

Генерални спонзор



VODOVOD & GREJANJE

СТАЛНА
КОНФЕРЕНЦИЈА
ГРАДОВА
И ОПШТИНА
ЈУГОСЛАВИЈЕ

Домаћин Саветовања: Новосадска топлана, Нови Сад

маркетиншки део програма води „MINEX - media“ Нови Сад, Епископа Висариона бр. 2

Milorad Bojić , Nebojša Lukić
Mašinski fakultet u Kragujevcu

MOGUĆE NEISPRAVNOSTI U RADU ODVAJAČA KONDENZATA I PREPORUKE ZA NJIHOVO OTKLANJANJE

1 Uvod

Blagovremeno otkrivanje i uklanjanje nepravilnosti bitno povećava radni vek odvajča kondenzata i efektivnost rada sistema u celini, i to je jedan od osnovnih razlog za njihovo održavanje. Poremećaji u radu odvajča kondenzata mogu biti otkriveni uređajima (termometrima, manometrima i dr.), zatim po karakterističnim šumovima, po poremećaju režima rada sistema. Posle utvrđivanja neispravnosti, neophodno je utvrditi njen uzrok, u to kra em vremenu odstraniti neispravnost i uspostaviti normalan rad odvajča kondenzata. Moguće neispravnosti, uzroci njihove pojave i načini uklanjanja, po pravilu, daju se u uputstvima za održavanje, koji su u kompletu sa odvajčima kondenzata.

Ovde će biti navedena određena iskustva u vezi ove problematike, koristeći i saznanja iz [1][2]

2 Neispravnosti, uzroci, preporuke

U tabelama 1, 2 i 3 date su najkarakterističnije neispravnosti, uzroci njihovih pojava i metode otklanjanja za termostatičke (odvajči kondenzata sa mehonom, sa sifonom, sa bimetalom), termodinamičke (odvajči kondenzata sa diskom, sa blendom) i odvajče kondenzata sa plovkom (odvajči kondenzata sa zatvorenim, otvorenim ili prevrnutim plovkom-korpom). U tabelama se koristi skraćena o.k. za odvajč kondenzata.

Za otklanjanje kvarova, po pravilu odvajč kondenzata se rasklapa. Rasklapanje i zatim sklapanje treba da se vrše u strogoj saglasnosti sa uputstvom za održavanje. U proseku za demontažu, remont i montažu odvajča kondenzata potrebno je oko 5 do 8 časova. Posle remonta i sklapanja, odvajč kondenzata podleže obaveznoj kontroli radne sposobnosti, mogućnosti protoka kondenzata i hermetičnosti na paru. Treba zapamtiti da oštećenjima u odvajču kondenzata obično prethodi dug period neispravnog rada.

U bilo kom uređaju moguće je blagovremeno otkriti habanje ili lomove delova, skupljanje prljavštine i oštećenja, pridržavajući se uputstva o preventivnom pregledu i tehničkom održavanju.

Ako bude utvrđeno bilo kakvo odstupanje od normalnog stanja, treba izvršiti remont na licu mesta ili zameniti odvajč kondenzata rezervnim. Da bismo utvrdili da li je povoljnija zamena ili remont, treba uzeti u obzir niz ekonomskih faktora, cenu koštanja zamene odvajča kondenzata, cenu pojedinih delova, koje treba zameniti, gubitke radnog vremena za remont itd. Najbolje je ako postoji mogućnost lake i brze popravke, ne skidajući odvajč kondenzata sa voda.

Da se ne bi držala velika količina rezervnih delova, a takođe radi olakšanja preventive i održavanja, treba težiti primeni minimalne količine različitih tipova odvajča kondenzata u jednom preduzeću. Međutim, ne treba primenjivati pojedini tip odvajča kondenzata za uslove gde se oni ne preporučuju.

Za organizaciju kontrole posle remonta u preduzećima, gde se primenjuje veliki broj odvajča kondenzata, preporučuje se postojanje eksperimentalnog stola za paru, koji obezbeđuje pritisak i temperaturu pri kojima rade odvajči kondenzata. Eksperimentalni sto treba da predstavlja parovod maksimalno mogućeg prečnika, sa redukcionim ventilom, obilaznim vodom, regulatorom pritiska pare, zamenjivim delovima parovoda (za ugradnju odvajča kondenzata različitih prečnika), zapornim ventilima i kontrolnim mernim priborom (termometri i manometri). Poželjna je na eksperimentalnom stolu ugradnja uređaja za posmatranje rada odvajča kondenzata.

Tabela 1 Moguće neispravnosti odvađača kondenzata sa plovkom i načini njihovog otklanjanja

Neispravnosti	Mogući uzroci	Način otklanjanja
Zajedno za kondenzatom protiče para.	U o.k. sa otvorenim plovkom skupila se prijavština u plovkou ili se u njemu formirao otvor.	Očistiti plovlak od prijavštine, popraviti ili zameniti plovlak.
	O.k. namontiran netačno u obrnutom smeru.	Montirati pravilno o.k. u odnosu na ulaz-izlaz kondenzata.
	Pod zatvarač su upale tvrde čestice.	Produvati izlazni otvor u ležištu. Rastaviti na delove o.k. i otkloniti smetnje.
	Istrošen zatvarač ili ležište.	Rastaviti o.k. i zameniti istrošene delove.
	Zakošen polužni sistem.	Otkloniti neispravnost.
	Veliki zazor u zglobovima poluga.	Zameniti defektne delove.
	Kočenje u pokretnim spojevima.	Otkloniti kočenje.
	Zapušen izlazni otvor u ležištu	Rastaviti o.k. i o istiti otvor.
	Nedovoljna propusna moć o.k.	Zameniti o.k. većim. Zameniti ležište ležištem većeg otvora.
	O.k. postavljen je iznad izlaza kondenzata toplotnog aparata.	Ugraditi o.k. ispod toplotnog aparata.

Nastavak tabele 1

Prekomerno skupljanje kondenzata pri radu o.k.	Veliki uspon linije odvoda kondenzata iza o.k.	Smanjiti uspon, koji ne sme da pređe 70% pritiska pare (pritisak vod. stuba).
	Veliki hidraulični otpor u kondenznom vodu.	Smanjiti otpor (povećati prečnik), odstraniti nagla suženja i proširenja cevi.
	Skupljanje vazduha ili drugih gasova u o.k.	Povećati prečnik voda kondenzata između potrošača i o.k. Ugraditi gasni odbojnik. Vazdušnu slavinu držati poluotvorenom.
	Jedan kondenzni vod spojen sa više aparata, koji rade na različitim režimima.	Ustanoviti jednak režim ili ugraditi potreban broj o.k.
Kondenzat ne prolazi kroz o.k.	U o.k. zapušen je izlazni otvor u ležištu.	Rastaviti o.k. i proširiti otvor u ležištu.
	Na kondenznom vodu zatvoreni su ventili.	Otvoriti ventile na kondenznom vodu.
	U o.k. sa zatvorenim plovlakom, plovlak je previše težak ili je probušen.	Zameniti plovlak, ispravnim potrebne mase ili ga popraviti.
	U o.k. sa otvorenim plovlakom, plovlak je previše lak.	Otežati plovlak do računске mase.
	Kočenje u pokretnim spojevima polužnog sistema.	Rastaviti o.k. i otkloniti kočenje.
Ispuštanje pare u okolinu na mestima spajanja.*	Nezategnute navrtke i zatvarači.	Pritegnuti navrtke i zatvarače.
	Razoren podmetač.	Zameniti podmetač.
O.k. ne može da se aktivira.**	Skupljanje vazduha u plovlak je zapušilo kalibrisani otvor u podnožju plovlaka.	Rastaviti o.k. na delove i pročititi kalibrisani otvor.

(*) Važi za sve tipove o.k.,(**) samo za o.k. sa prevrnutim plovlakom.

Tabela 2 Moguće neispravnosti termostatičkih odvajanja kondenzata i načini njihovog otklanjanja

Neispravnosti	Mogući uzroci	Način otklanjanja
Zajedno sa kondenzatom prolazi para.	O.k. je nepravilno montiran.	Montirati pravilno o.k. sa tokom pare prema strelici.
	Pod zatvarač o.k. su upale čvrste čestice.	Produvati izlazni otvor u ležištu. Usučaju potrebe rasklopiti o.k. i očistiti ga.
	Istrošen je zatvarač ili ležište o.k.	Rasklopiti o.k. i zameniti istrošene delove.
	Nepravilno regulisan osetljivi element-termostat.	Izvršiti regulaciju ili ugraditi termostat koji odgovara radnim uslovima.
	Lom osetljivog elementa-termostata.	Rasklopiti o.k. i zameniti osetljivi element.
Prekomerno skupljanje kondenzatapri radu o.k.	Odsustvo cevi za hlađenje između toplotnog aparata i o.k.	Ponovo montirati, predvidevši deo cevi za hlađenje pare ispred o.k.
	Zapušen otvor u sedištu.	Rasklopiti o.k. i pročistiti otvor.
	Mala propusna moć o.k.	Ugraditi sedišta sa većim otvorom ili zamenti o.k.
	O.k. podiže kondenzat na veću visinu.	Smanjiti visinu koja ne sme da prelazi 70% pritiska pare (visina vod. stuba).
	Veliki hidraulični otpor u vodu kondenzata.	Smanjiti otpor, odstraniti nagla suženja i proširenja. Povećati prečnik cevovoda.
	Nepravilno regulisan osetljivi element-termostat.	Izvršiti regulaciju ili ugraditi osetljivi element koji odgovara radnim uslovima.
Kondenzat ne prolazi kroz o.k.	Lom osetljivog elementa-termostata.	Rasklopiti o.k. i zameniti osetljivi element.
	Zapušen otvor u sedištu.	Rasklopiti o.k. i pročistiti otvor.
	Osetljivi element zatvara o.k. pri temperaturi kondenzata.	Regulisati ili zameniti osetljivi element, dovodeći ga u saglasnost sa temperaturom kondenzata.
	Na kondenznom vodu zatvoreni zaporni ventili.	Otvoriti ventile na kondenznom vodu.
	Visok protivpritisak u kondenznom vodu.	Smanjiti protivpritisak, otkloniti nagibe, nagla suženja i proširenja. Povećati prečnik cevovoda.
O.k. ne može da se aktivira.	Lom osetljivog elementa-termostata.	Rasklopiti o.k. i zameniti osetljivi element-termostat.

Tabela 3 Moguće neispravnosti termodinamičkih odvajanja kondenzata i načini njihovog otklanjanja

Neispravnosti	Mogući uzroci	Način otklanjanja
Zajedno sa kondenzatom prolazi para.	O.k. montiran pogrešno, u obrnutom smeru.	Namontirati pravilno o.k. sa otpremanjem pare prema strelici.
	Istrošeno ležište i pločica.	Rasklopiti o.k. i izbrusiti ili zameniti, ležište i pločicu.
	Između ležišta i pločice upala je prljavština.	Produvati ležište ili ga rasklopiti i očistiti.
Prekomerno skupljanje kondenzata pri radu o.k.	Zapušen otvor na sedištu.	Rasklopiti o.k. i pročistiti sedišta.
	Mala propusna moć o.k.	Zameniti o.k. većim.
	Veliki hidraulični otpor u kondenznom vodu.	Smanjiti otpor, odstraniti nagla suženja i proširenja ili zameniti o.k. drugim tipom.
O.k. ne može da se aktivira.	Mali pritisak pare u sistemu do o.k. (niži od 1 bar).	Skinuti o.k. i ugraditi drugi odgovaraju i tip o.k. (termostatički ili sa plovkom).
	Veliki protivpritisak u kondenznom vodu.	

3 Zaključak

Kako neispravno funkcionisanje odvajanja kondenzata, u datom energetskom sistemu, može dovesti do velikih gubitaka toplote i pare, značajno je obezbediti brzo i efikasno otklanjanje svih nastalih nedostataka. Nadamo se da su ovim radom, opisani problemi bliži kvalitetnom rešenju.

Literatura

1] Pajkin, I., H., Kondensotootvodciki, Masinostroenie, Leningradskoe otdelenie, Leningrad, 1985.

2] Bojić M., Lukić, N., Milovanović, M., Prikaz rada kompjuterskog softvera za analizu korišćenja energije i odabir odvajača kondenzata u industrijskim paro-kondenznim sistemima, Toplota u industriji, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 1990.

Nebojša Lukić, Milorad Bojić
Mašinski fakultet u Kragujevcu

MODELIRANJE PARO-KONDENZNOG SISTEMA ENERGIJE-TOPLANE METODOM LINEARNOG PROGRAMIRANJA

1 Uvod

1.1 Linearno programiranje

U mnogim oblastima inženjerstva, organizacionih nauka i ekonomije može se javiti problem-zadatak linearnog programiranja. Promenljive iz skupa (x_1, x_2, \dots, x_n) treba da zadovolje sistem linearnih nejednačina i/ili jednačina-ograničenja sistema

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} \cdot x_k + b_i \geq 0, \quad (1)$$

uz uslove : $x_k \geq 0$ i $i=1, 2, \dots, m$;

gde su :

x_k - k-ta promenljiva sistema,

a_{ik} - konstantni član uz k-tu promenljivu, u i-toj jednačini,

b_i - slobodni konstantni član u i-toj jednačini,

n - ukupan broj promenljivih,

m - broj ograničenja-nejednačina i/ili jednačina,

tako da funkcija cilja

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_k \cdot x_k + \dots + c_n \cdot x_n,$$

gde je

c_k - konstantni član uz k -tu promenjivu,

ima svoj mogući maksimum ili minimum.

Sistem mora da bude neodređen, to jest broj promenjivih mora da bude veći od broja raspoloživih jednačina i promenjive x_k moraju da budu pozitivne ili jednake nuli.

Navedeni problem predstavlja opštu formulaciju zadatka linearnog programiranja, u daljem tekstu LP.

1.2 Primena linearnog programiranja u energetske sistemima

Zavisno od specifičnosti problema, LP metodu rešavanja je moguće ili nije moguće primeniti. U energetske sistemima autori koriste LP metodu u [1], [2], [3] i [4].

Najčešće se LP metoda rešavanja, u energetske sitemima, primenjuje na sistemima za produkciju toplote i snage (paro-kondenzni sistemi), kao veoma pogodna i efikasna metoda za nalaženje njihovih optimalno dizajniranih konfiguracija.

Na konkretnom primeru paro-kondenznog sistema za produkciju toplote i snage, biće pokazana primena ove metode (uz iskustva iz [1] i [4]).

2 LP modeliranje paro-kondenznog sistema energane-toplane

2.1 Uvod

U paro-kondenznim sistemima LP metoda može biti upotrebljena za minimiziranje troškova potrošnje energije. Ovi troškovi se mogu posmatrati za kraće (dnevni trošak) i duže vremenske intervale. Ako se posmatraju godišnji troškovi potrošnje energije, u taj iznos se uračunava i uloženi investicioni kapital.

Kada je potrebno da se u već izvedenom paro-kondenznom sistemu vrše promene ili kad se dizajnira novi, LP metoda se može koristiti za određivanje optimalne konfiguracije i broja elektromotora, parnih turbina, razdelnika pare, pregrejača ili kondenzatora.

LP modeliranje je daleko fleksibilnije u odnosu na osnovni metod rešavanja parnih sistema izučavanjem toplotnog i materijalnog bilansa.

U sistemu se može pojaviti nelinearna priroda energetske bilansa to se rešava uzastopnim linearnim aproksimacijama, nelinearnih jedna ina bilansa energije i mase. Sa svakim novim rešenjem, linearne aproksimacije povećavaju tačnost. Krajnje rešenje je ostvareno kada sve aproksimacije budu unutar izabranog opsega aktuelne nelinearne jednačine.

2.2 LP model

Da bi se primenilo LP modeliranje, inženjer treba da analizira problem i da formira jednačine masenog i energetske bilansa, kako bi povezao nepoznate promenjive (za paro-kondenzne sisteme to su maseni protoci, entalpije, pritisci, temperature). Međutim, potrebno je ,takođe odrediti sve gornje i donje granice

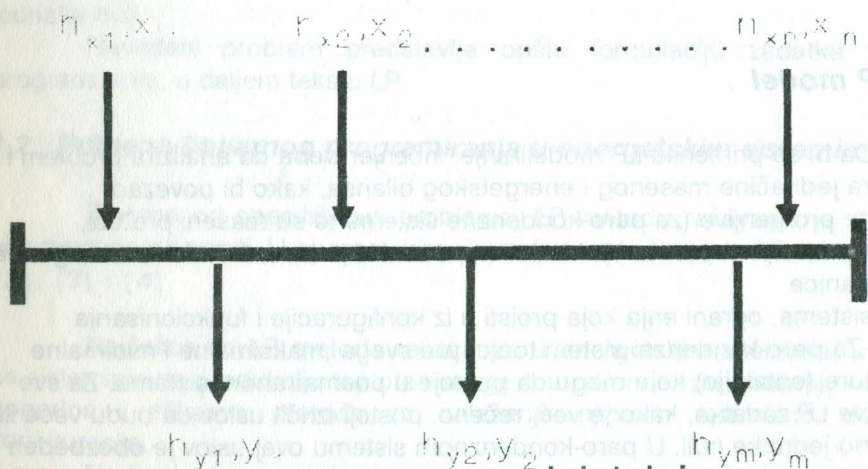
veličina sistema, ograničenja koja proisti u iz konfiguracije i funkcionisanja sistema. Za paro-kondenzni sistem to su, pre svega ,maksimalne i minimalne temperature (entalpije) koje mogu da postoje u posmatranom sistemu. Za sve promenjive LP zadatka, kako je već rečeno, postoji izričit uslov da budu veće ili eventualno jednake nuli. U paro-kondenznom sistemu ovaj uslov je obezbeđen jer su njegove tekuće veličine pozitivni protoci, apsolutne temperature i entalpije. Formirane jednačine i nejednačine, predstavljaju skup ograničenja za određivanje maksimuma ili minimuma izabrane ciljne funkcije.

U cilju stvaranja LP modela za jedan konkretan paro-kondenzni sistem potrebno je formirati:

1. Materijalni i energetske bilans za svaki jedini ni proces i uređaj (kotao, razdelnik pare, pregreja , turbina, kondenzator, razmenjivač toplote, deareator i slično).
2. Jedna ine produkcije snage (parna turbina na primer).
3. Gornje i donje granice za sve nezavisne promenjive, ukoliko one postoje ili ih je moguće formirati.

4. Jednakosti i granice zavisnih promenljivih.

Uzmimo primer razdelnika vodene pare, čija je energetska šema prikazana na slici 1. U razdelnik ulazi vodena para, čiji su maseni protoci x_1, x_2, \dots, x_n u (kg/s) i specifične entalpije $h_{x1}, h_{x2}, \dots, h_{xn}$ u (kJ/kg). Razdelnik napuštaju maseni protoci vodene pare y_1, y_2, \dots, y_m u (kg/s) sa odgovarajućim specifičnim entalpijama $h_{y1}, h_{y2}, \dots, h_{ym}$ u (kJ/kg). Broj n predstavlja ukupan broj dolazećih, a m odlazećih masenih protoka u odnosu na prikazani razdelnik vodene pare.



Slika 1 Energetska šema razdelnika pare

Materijalni bilans razdelnika pare glasi

$$\sum_{i=1}^n x_i - \sum_{j=1}^m y_j = 0 \quad (3)$$

Energetski bilans razdelnika pare glasi

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot h_{xi} - \sum_{j=1}^m y_j \cdot h_{yj} = 0 \quad (4)$$

Jednačine (3) i (4) nisu dovoljne da potpuno definišu stanje razdelnika vodene pare. Ulazne specifične entalpije zavise od pritiska u razdelniku, stepena suvoće ulazne vodene pare i njene temperature. Kad su nam poznata ova tri podatka, poznata je odgovarajuća specifična entalpija vodene pare. Kako je u razdelniku došlo do ujednačavanja temperatura, a pritisak u razdelniku je konstantan, s pravom se može pretpostaviti da su iznosi izlaznih specifičnih entalpija jednaki $h_{y1}, \dots, h_{ym} = h_y$.

Uzmimo h_{sp1} za specifičnu entalpiju u (kJ/kg) suvozasicevane vodene pare na pritisku razdelnika. Pošto je to minimalna moguća vrednost specifične entalpije vodene pare na datom pritisku, formira se ograničenje

$$h_y \geq h_{sp1}$$

Ograničenje procesa ili opreme zahteva formiranje gornje granice za vrednost izlazne, specifične entalpije vodene pare na datom pritisku razdelnika

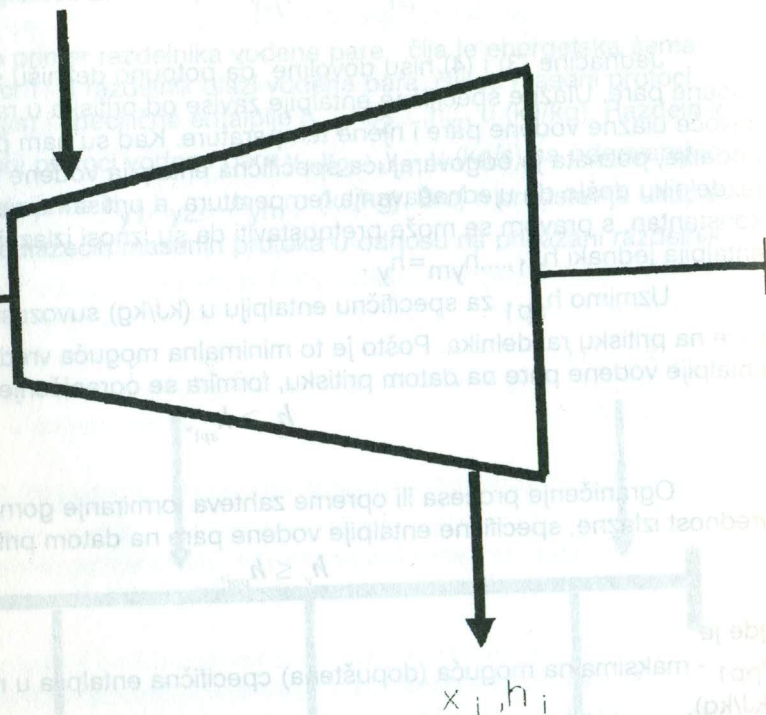
$$h_y \leq h_{ppP}$$

gde je

h_{pp1} - maksimalna moguća (dopuštena) specifična entalpija u razdelniku pare (kJ/kg).

Uz pretpostavku poznatog pritiska u razdelniku, izrazi (3), (4), (5) i (6) su dovoljni da se opiše maseni i energetski protok u razdelniku za LP model.

Razmotrimo model protivpritisne parne turbine. Na slici 2 prikazana je njena energetska šema.

x_u, h_u 

Slika 2 Energetska šema protivpritisne turbine

gde su :

- x_u - maseni protok vodene pare visokog pritiska na ulazu u turbinu (kg/s),
- h_u - specifična entalpija vodene pare visokog pritiska na ulazu u turbinu (kJ/kg),
- x_i - maseni protok izrađene vodene pare na izlazu iz turbine (kg/s),
- h_i - specifična entalpija izrađene vodene pare na izlazu iz turbine (kJ/kg),
- P - snaga na vratilu turbine (kW).

Materijalni bilans turbine definiše jednačina

$$x_u = x_i \quad (7)$$

Energetski bilans turbine definiše jednačina

$$x_u \cdot h_u - x_i \cdot h_i = P \quad (8)$$

Jednačina koja izražava neidealnost procesa i vezu ulazne i izlazne entalpije može se izraziti kao

$$\text{gde su : } h_i = \alpha + \beta \cdot h_u \quad (9)$$

 α, β -koeficijenti koji zavise od stepena dobrote turbine (-).

Jednačina (9) opisuje zavisani problem i fuguriše samo ako se na izlazu pojavljuje vodena para promenjive temperature (entalpije).

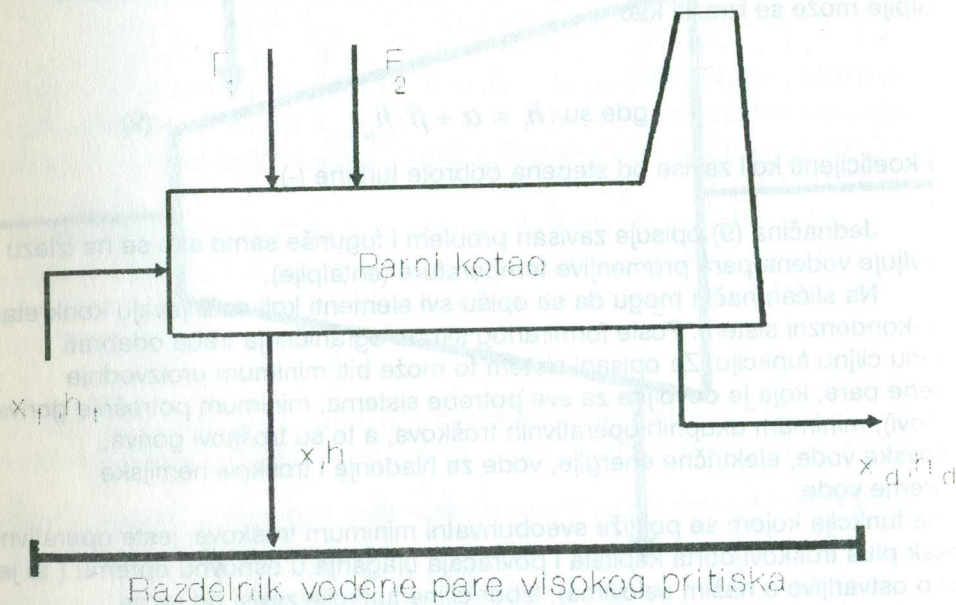
Na sličan način mogu da se opišu svi elementi koji sačinjavaju konkretan paro-kondenzni sistem. Posle formiranog skupa ograničenja treba odabrati željenu ciljnu funkciju. Za opisani sistem to može biti minimum proizvodnje vodene pare, koja je dovoljna za sve potrebe sistema, minimum potrošnje goriva (kotlovi), minimum ukupnih operativnih troškova, a to su troškovi goriva, kotlovske vode, električne energije, vode za hlađenje i troškovi hemijske pripreme vode.

Ciljna funkcija kojom se postiže sveobuhvatni minimum troškova, jeste operativni trošak plus troškovi obrta kapitala i povraćaja ulaganja u osnovnu opremu (to je teško ostvarljivo u našim uslovima). Izbor ciljne funkcije zavisi od svrhe izučavanja problema.

U prikazanim primerima ograničavajućeg skupa LP modela, isključivo se može javiti nelinearnost tipa, promenjiva puta promenjiva, najčešće šće maseni protok puta specifična entalpija ($x \cdot h$). Ovakav nelinearni član se može linearizovati nultim i prvim članom Taylor-ovog reda funkcije više argumenata kao

$$x \cdot h = h_c \cdot x + x_c \cdot h - x_c \cdot h_c \quad (10)$$

Konstante x_c i h_c (Taylor-ovi koeficijenti transformacije) predstavljaju najbolje raspoložive procene stvarnih vrednosti x i h u fazi inicijalizacije.Postoji u izvesnim slučajevima mogućnost da se nelinearni član $x \cdot h$ zameni jednom promenjivom i time eliminiše nelinearnost. To će biti pokazano na primeru parnog kotla kao elementa paro-kondenznog sistema prikazanog na slici 3.



Slika 3 Energetska šema parnog kotla

Jednačine masenog bilansa kotla su :

$$x_f - x_d - x = 0, \quad (11)$$

$$fx_f - x_d = 0, \quad (12)$$

gde su :

x_f - maseni protok napojne vode kotla (kg/s),

x - maseni protok proizvedene vodene pare (ka razdelniku vodene pare visokog pritiska) (kg/s),

x_d - maseni protok vode pri odsoljavanju kotla (kg/s),

f - konstantni iznos dela protoka x_d u odnosu na x_f (-),

Jednačina energetskog bilansa je

$$x_f \cdot h_f + e_1 \cdot \Delta h_1 \cdot F_1 + e_2 \cdot \Delta h_2 \cdot F_2 - x \cdot h - x_d \cdot h_d = 0 \quad (13)$$

gde su :

h_f - specifična entalpija napojne vode (kJ/kg),

h - specifična entalpija proizvedene vodene pare (kJ/kg),

h_d - specifična entalpija vode, koja se izbacuje iz kotla pri njegovom odsoljavanju (kJ/kg),

e_1 - efikasnost kotla sa gorivom 1 (-),

e_2 - efikasnost kotla sa gorivom 2 (-),

F_1 - maseni protok goriva 1 (kg/s),

F_2 - maseni protok goriva 2 (kg/s),

h_1 - donja toplotna mo goriva 1 (kJ/kg),

h_2 - donja toplotna mo goriva 2 (kJ/kg).

Minimalna vrednost za h je jednaka specifičnoj entalpiji zasićene pare na pritisku razdelnika, a maksimalna vrednost za h je u skladu sa mogućnostima pregrejača. Budući da se veličina h pojavljuje samo u nelinearnom članu $x \cdot h$ (opšti slučaj), taj član se može zameniti veličinom E u jednačini (13)

$$h_f \cdot x_f + e_1 \cdot \Delta h_1 \cdot F_1 + e_2 \cdot \Delta h_2 \cdot F_2 - E - x_d \cdot h_d = 0. \quad (14)$$

Ako sa h_{sp2} obeležimo donju granicu za h , a sa h_{pp2} gornju granicu za h , jednačine ograničenja će biti :

$$h = \frac{E}{x} \geq h_{sp2}, \quad (15)$$

Na kraju formiramo vezu protoka goriva F_1 sa njegovim ograničenjem K

$$h = \frac{E}{x} \leq h_{pp2}. \quad (16)$$

Posle transformacije nelinearnog člana $x_f \cdot h_f$ u jednačini (14) i preuređenja izraza (15) i (16) prema LP modelu, skup ograničenja za parni kotao može da se predstavi u obliku prikazanom u tabeli 1.

Tabela 1 Ograničenja LP modela za parni kotao

Br. jedi- ne jedna- čine.	Konstantan član uz promenljivu							znak	slobodan lan
	x_f	x_f	x_d	x	F_1	F_2	E		
1	1		-1	-1				=	0
2	f		-1					=	0
3	h_{fc}	x_{fc}	$-h_d$		$e h$	$e h$	-1	=	$x_{fc} h_{fc}$
4				h_{sp}			-1		0
5				$-h_p$			-1		0
6					1				K

Sličan matrični oblik, ima i input za softverski LP paket.

Ako bi kotao snabdevao sa vodenom parom dva paralelna sistema (dva razdelnika vodene pare), zamena $x h = E$ ne bi mogla da stoji. To je zato što je nemoguće postići da totalna toplota E i protok x ili specifična entalpija h budu u istoj jednačini, a da obe budu linearne. Zamena može biti učinjena kada kotao ima koja jedinica sistema) snabdeva vodenom parom samo jedan razdelnik. Problem je u tome što se ovakvi primeri zamene relativno retko javljaju, da bi najmanje smanjili nelinearnost sistema.

Kada se rešava problem bilansa paro-kondenznog sistema prvi zadatak je definisati model koji će predstaviti izučavanu konfiguraciju i zahtevane procese sa svim raspoloživim podacima.

Korišćeni alat u rešavanju LP modela se sastoji iz dva nadovezujuća kompjuterska programa-potprograma. Prvi je izvršni program koji prati i upravlja strategijom rešavanja problema. Drugi program može biti ma koji standardni paket za rešavanje LP problema (na primer iz [5]).

Formiranje izvršnog programa je osnovni programerski zadatak inženjera, u ovako postavljenom problemu. Njegove funkcije obuhvataju početnu konstrukciju formata ulaznih podataka, analiziranje izlaznih LP rešenja,

ispitivanje konvergencije, modifikovanje vrednosti koeficijenata transformacije između iteracija i generisanje ulaznog LP formata za svaku novu iteraciju.

Detaljan opis dalje procedure analize paro-kondenznog sistema (kao i nekih drugih energetskih sistema) dat je u [4].

Zaključak

Prednosti LP modeliranja paro-kondenznih sistema u odnosu na klasične metode materijalnog i energetskog bilansa (M & EB), prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2 Poređenje metoda izračunavanja paro-kondenznih sistema

Veličine i procesi sistema	Vrednosti veličina za metodu M & EB	Vrednosti veličina za LP metodu
Proizvodnja-kotao + pregrejač	fiksna	gornji i donji limit
Nivo pritiska vodene pare	fiksna	fiksna
Nivo temperature vodene pare	fiksna/računata	gornji i donji limit
Proces u pregrejaču	fiksna	gornji i donji limit
Podhladjivanje kondenzata	fiksno	gornji i donji limit
Temperatura napojne vode	fiksna	gornji limit
Pritisak u deareatoru	fiksna	gornji i donji limit

Prednost je očigledna, korišćenjem LP metode pokriva se oblast od donjih do gornjih usvojenih granica veličina sistema i pronalazi optimalno rešenje. Kako sistem jednačina, korišćenjem metode materijalnih i energetskih bilansa mora biti određen, rešenje se ograničava usvojenim fiksnim vrednostima.

LP metod može biti korišćen kao alat u operativnom planiranju za postojeće sisteme, radi minimiziranja operativnih troškova.

Zbog pogodnosti LP modeliranja, ovom metodom se najčešće optimiziraju energetske sisteme za proizvodnju i potrošnju snage i toplotne energije. Kako raste stepen nelinearnosti sistema, opada mogućnost i efikasnost korišćenja LP modela.

4 Literatura

- [1] Clark, J.K., Helmick, N.E., How to Optimize the Design of Steam Systems, Process Energy Conservation, from Greene, R., McGraw Hill, New York, 1982.
- [2] Gustafsson, S.I., Karlsson, B.G., Linear Programming Optimization in CHP Networks, Heat Recovery Systems & CHP, Vol. 11, No. 4, 1991.
- [3] Ziebig, A., Primena bilansnih matematičkih modela racionalnog rada sa energijom u industriji radi upravljanja pomoću mikro-komputera, Toplota u industriji, Br. 3, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 1988.
- [4] Lukić, N., Nelinearno ponašanje industrijskih energetskih sistema sa aspekta racionalnog rada sa energijom, Magistarska teza, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 1992.
- [5] Banks, J., Spoerer, J.P., Collins, R.L., IBM PC Applications for the Industrial Engineer and Manager, Reston Book, Published by Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.