

#### 4.1.2. Reglarea automată a alimentării cu apă

Asigurarea alimentării cazanului cu apă, în mod continuu, este necesară pentru a evita rămânerea fără apă a țevilor vaporizatoare, ceea ce ar conduce la arderea acestora și pentru a împiedica pătrunderea apei în supraîncălzitor, ceea ce ar conduce la creșterea umidității aerului și chiar la introducerea de apă în turbină. Astfel, este necesar să se regleze debitul de apă de alimentare a cazanului.

SRA-ul alimentării cu apă a cazanului de abur este destinat menținerii între limitele prescrise a nivelului apei în tamburul cazanului. În funcție de particularitățile constructive ale cazanului, pentru instalații moderne care depășesc 20 t/h se impune ca variația nivelului să nu depășească  $\pm 75 \pm 100$  t/h față de nivelul în regim normal de funcționare.

Nivelul apei în tambur, ca parametru reglat, poate fi influențat de debitul de apă de alimentare și de debitul de abur cerut de turbină (Figura 4.15.). Pe lângă aceste perturbații principale, mai pot să apară, în anumite situații ca mărimi perturbatoare dar cu influență mai mică: debitul de apă purjată, temperatura apei de alimentare, debitul de gaze de ardere ce trec prin economizor.

Din punct de vedere sistemic alimentarea cu apă a tamburului este un proces fără autoechilibrare deoarece este un element de tip integral (nivelul este proporțional cu integrala diferenței dintre debitul de abur  $D$  și debitul de apă de alimentare  $W$ ,  $H = k \int (D - W) dt$ ). Comportarea dinamică a tamburului, datorită amestecului neomogen apă-abur pe care îl conține, este influențată de așa numitul fenomen de umflare a nivelului. Acesta constă în modificarea nivelului, în primele momente, în sens contrar dezechilibrului masic al debitelor de apă și de abur.

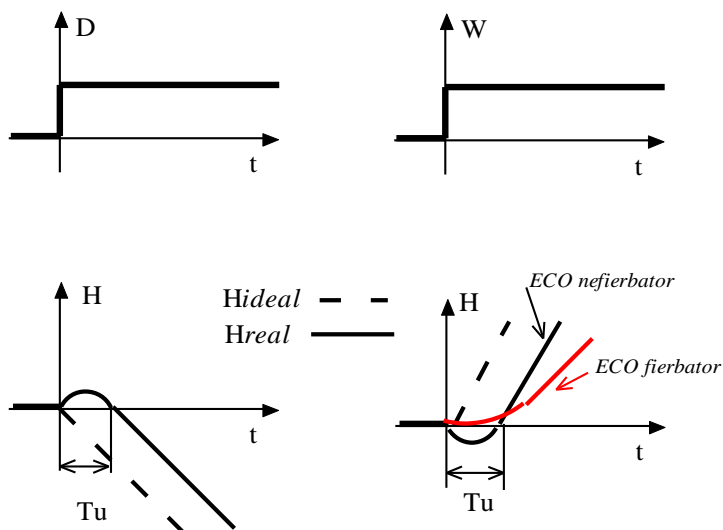


Figura 4.15 Curbele de răspuns pentru nivelul în tambur la perturbație  $D$  și  $W$ .

De exemplu, o variație treaptă a debitului de abur determină în tamburul cazanului o scădere a presiunii și, deci, o scădere a temperaturii de vaporizare. Acest fapt determină, în primul moment, o creștere a cantității de bule de aer în emulsia apă-abur din tambur și deci o creștere a nivelului. Dacă cererea de abur rămâne constantă, după un timp se ajunge la o evoluție a nivelului în tambur similară

cu caracteristica statică ideală. Timpul de revenire la caracteristica statică ideală se numește *timp de umflare*.

La o perturbație a apei de alimentare, comportamentul tamburului diferă în funcție de tipul economizorului. Dacă economizorul este de tip fierbător, introducerea unei cantități de apă mai rece decât cea din tambur duce la scăderea numărului de bule de aer din emulsie și în realitate efectul perturbației va fi resimțit cu o oarecare întârziere. În cazul economizorului nefierbător temperatura scăzută a apei ce se introduce determină o scădere drastică a bulelor de aer în apă și, ca urmare în primele momente are loc o scădere a nivelului apei în tambur.

Ca mărime de execuție se folosește debitul de apă de alimentare ce poate fi modificat fie prin modificarea poziției ventilului de reglare al cazanului, fie prin modificarea turației pompelor de alimentare.

În principiu, reglarea nivelului poate fi realizată după o schemă cu unul sau mai multe impulsuri (semnale). La cazanele cu tambur mare, unde fenomenul de umflare este nesemnificativ, se poate adopta schema cu un impuls (Figura 4.16.a), unde modificarea nivelului în tambur comandă direct debitul de apă de alimentare prin acționarea ventilului de alimentare al cazanului.

La cazanele cu tambur mic, timpul de golire/umplere fiind foarte scurt, trebuie să se țină cont în fiecare moment de perturbațiile principale, debitul de abur și debitul de apă pentru a realiza un bilanț intrare-ieșire al agenților termici în tambur. Astfel, se folosesc scheme cu două și în special trei impulsuri (Figura 4.16. b).

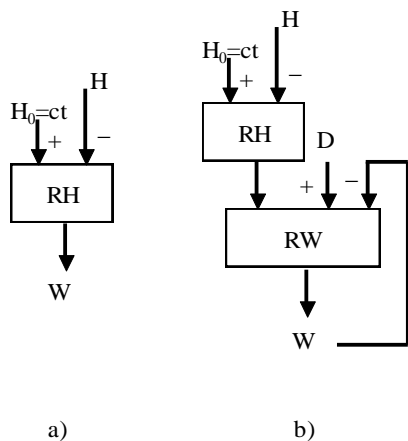


Figura 4.16 Scheme principale de reglare a alimentării cu apă a cazanelor cu tambur

Plecând de la schema principală din Figura 4.16. b, se obține schema funcțională a reglării nivelului în cascadă (Figura 4.17.) și schema tehnologică cu automatizări Figura 4.18.

Regulatorul de debit este un regulator proporțional de reacție a perturbațiilor interne (static) și regulatorul de nivel este de tip PI, pentru a rejecea perturbațiile fără eroare staționară (astatic).

Variațiile debitului de apă de alimentare influențează nivelul apei în tambur pe două căi: directă prin dependența  $H$  de  $W$  și indirectă prin dependența  $H$  de  $\theta$ . Ambele elemente sunt de tip integral.

Perturbația  $W_p$  reprezintă variația debitului de purjă evacuat din alte motive decât datorită modificării poziției ventilului de reglare a debitului de purjă.

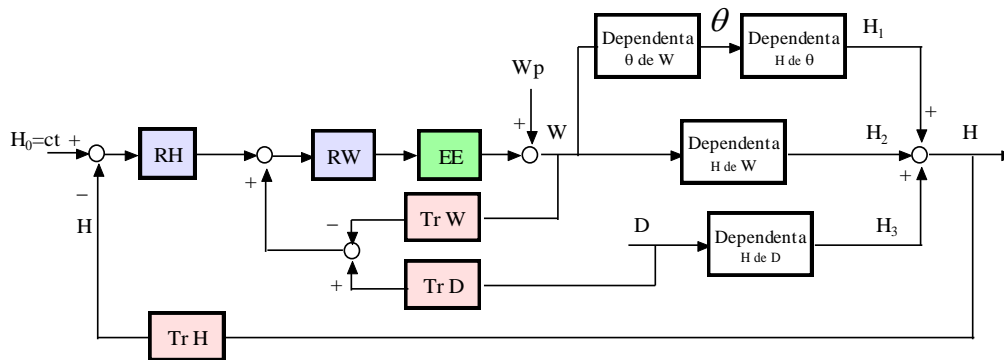


Figura 4.17. Schema funcțională de reglare a alimentării cu apă a cazanelor cu tambur

O problemă aparte a reglării alimentării cu apă o reprezintă modificarea mărimii de execuție. Astfel, putem avea mai multe variante:

- dacă pompa este cu turație constantă, se modifică debitul de apă prin schimbarea secțiunii ventilului de reglare (Figura 4.18.a). Ventilul de reglare se alege pentru un anumit debit nominal reprezentând un procent din debitul nominal al cazanului  $D_n$  ( $\pm 10 \div 15\% D_n$ ). Pentru abateri mai mari ( $\pm 20 \div 60\% D_n$ ) căderea de presiune pe ventilul de reglare crește, obținându-se semnale eronate de măsură a debitului. Pentru a utiliza drept organ de reglare tot ventilul de reglare se poate proceda la utilizarea mai multor ventile de reglare în paralel, fiecare ventil fiind ales pentru un anumit debit ( $40\% D_n$ ,  $60\% D_n$ , etc.). Există un comutator automat care, în funcție de sarcina de funcționare dorită, face selecția ventilului de reglare acționat, celelalte ventile fiind normal închise (Figura 4.19.)
- se variază turația pompei de alimentare, acționându-se asupra cuplei hidraulice.
- se acționează ventilul iar menținerea căderii de presiune constantă pe acesta se face printr-o buclă de reglare suplimentară ce acționează asupra cuplei hidraulice.

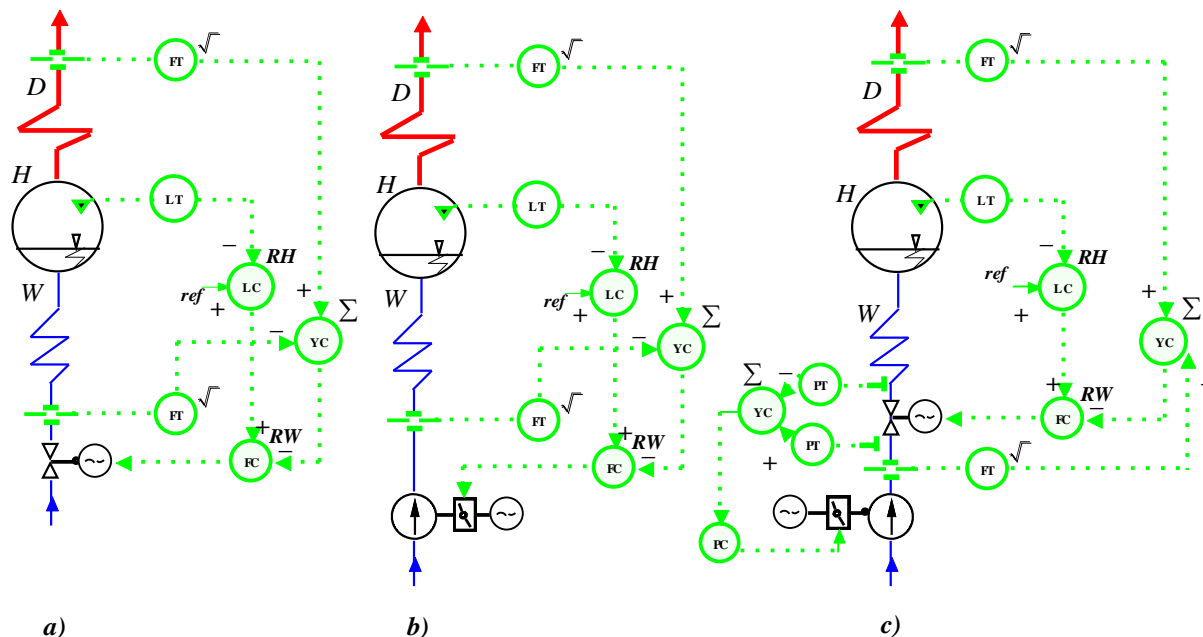


Figura 4.18 Schema tehnologică cu automatizări de reglare a alimentării cu apă a cazanelor cu tambur

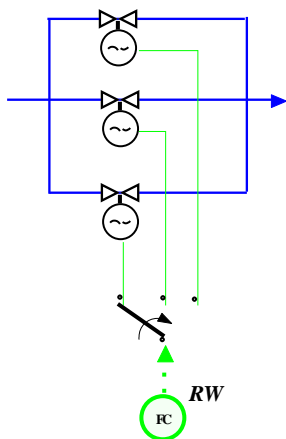


Figura 4.19 Reglarea alimentării cu apă cu mai multe ventile în paralel

### 4.1.3. Reglarea automata a temperaturii aburului supraîncălzit

Temperatura aburului supraîncălzit trebuie menținută între anumite limite bine precizate. Limita superioară este impusă de *efectul mecanic* iar cea inferioară de *efectul energetic*. Efectul mecanic este datorat apropierii temperaturii nominale a aburului de limita de fluaj a metalului (temperaturi peste  $540^{\circ}\text{C}$ ) și, ca urmare, sistemul de regare trebuie să mențină în limite foarte strânse abaterile de temperatură în timpul proceselor tranzitorii. Efectul energetic limitează scăderea temperaturii deoarece funcționarea cazanului la temperaturi mai mici decât temperatura nominală influențează în mod negativ randamentul cazanului.

La turbinele cu abur de presiune medie, o scădere a temperaturii de supraîncălzire cu  $10^{\circ}\text{C}$  corespunde unei scăderi a randamentului ciclului termic cu 0.5%, și a producției de energie electrică cu 1.5%.

Din punct de vedere al reglării, procesul supus automatizării este constituit practic din supraîncălzitorul de abur (SÎ), iar mărimea reglată este temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitor. Din punct de vedere sistemic este un proces cu timp mort. Un astfel de sistem înrăutățește stabilitatea unui sistem de reglare automată. Parametrul reglat, temperatura la ieșire din SÎ, poate fi perturbată de o serie de factori cum ar fi: debitul de abur  $D$ , cantitatea de căldură  $Q$  primită de SÎ, prin radiație sau convecție, sau temperatura aburului înainte de injecție  $T_p$ .

Menținerea constantă a temperaturii se poate face prin două metode:

- metoda directă: injecție de apă de alimentare sau condensat (de la condensator sau preparat din aburul prelevat din tambur);
- metoda indirectă: schimbarea unghiului de înclinație al arzătoarelor, recircularea gazelor arse cu ajutorul ventilatorului de gaze, modificarea traseului gazelor de ardere cu ajutorul unor clapete.

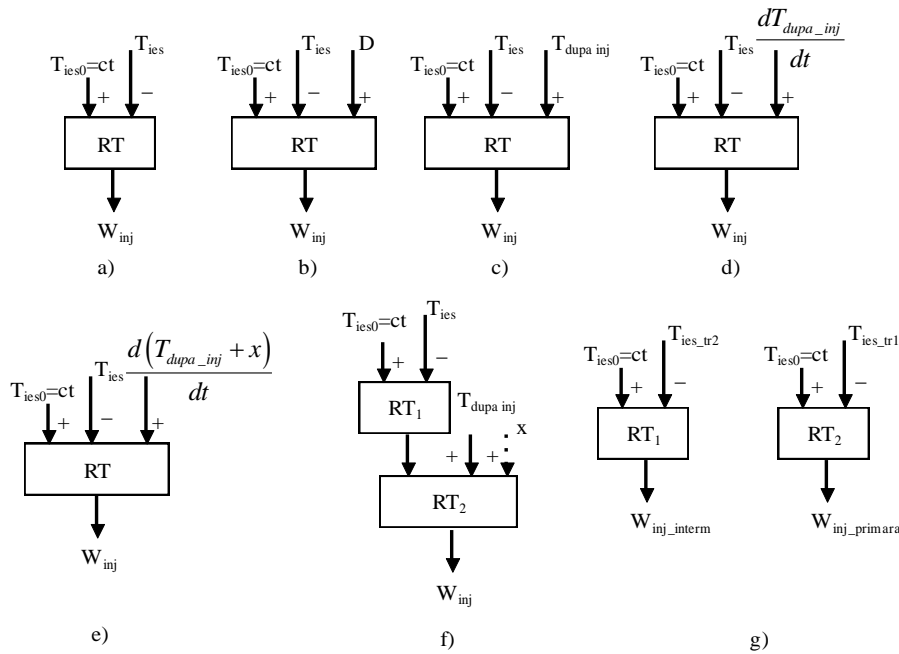


Figura 4.20. Scheme principale de reglare a temperaturii aburului supraîncălzit

Cea mai folosită metodă este cea care folosește ca mărime de execuție debitul apei de injecție. Debitul de injecție se preia în mod curent prin derivare din apa de alimentare a cazanului.

În Figura 4.20. se prezintă mai multe soluții de reglare a supraîncălzirii.

Notățiile folosite sunt:  $T_{ies}$  – temperatura aburului la ieșirea din supraîncălzitor;  $T_{dupa\ inj}$  – temperatura aburului după injecție;  $W_{inj}$  – debitul de apă de injecție;  $D$  – debitul de abur;  $x$  – poziția elementului de execuție;  $T_{ies\_tr1}$ ,  $T_{ies\_tr2}$  – temperatura aburului la ieșirea din prima treaptă a supraîncălzitorului, respectiv a doua și  $W_{inj\_primara}$ ,  $W_{inj\_interm}$  – debitele de injecție în prima și a doua treaptă.

În Figura 4.20. *varianta a* reglarea temperaturii se realizează cu un regulator PI sau PID. Datorită constantelor de timp mari ale instalației, atât în cazul variației sarcinii cât în cazul altor perturbații, această schemă nu dă rezultate bune în regim dinamic. În altă variantă, pentru a reduce întârzierile, regulatorul primește ca semnale de intrare temperatura la ieșirea din SÎ și perturbația, respectiv debitul de abur în *varianta b* sau temperatura după injecție în *varianta c*. În aceste variante debitul de abur, respectiv temperatura aburului la intrarea în SÎ (după injecție), comandă un debit proporțional de injecție, temperatura finală la ieșire din SÎ efectuând corecția reglării. În *varianta d* semnalul de anticipare constă în derivata temperaturii aburului după injecție, în timp ce, în *varianta e* se introduce și derivata după semnalul de poziție al elementului de execuție. Prin aceasta se reduce simțitor timpul de răspuns și crește stabilitatea. Dezavantajul acestor scheme este introducerea elementului derivativ și, pentru a înlătura acest dezavantaj compensând și perturbația, se folosește o schemă de reglare în cascadă. În *varianta f*, în cascadă, temperatura la ieșire este prelucrată de regulatorul 1 de tip PI ce transmite impulsul de acționare ca mărime de referință către regulatorul 2, tot cu acțiune PI. Acesta din urmă reglează injecția proporțional cu temperatura aburului după injecție. Se poate considera o îmbunătățire a *variantei f*, adăugându-se, prin adunare în regulatorul 2, semnalul reprezentând poziția elementului de execuție.

În cazul împărțirii supraîncălzitorului de abur în mai multe trepte, în *varianta g*, se reglează separat temperatura în fiecare treaptă, ceea ce conduce la o proastă comportare dinamică. Pentru a îmbunătăți schema, se introduce un semnal suplimentar după temperatura aburului înainte de injecția în regulatorul 1.

Schema bloc funcțională pentru reglarea automată a temperaturii aburului supraîncălzit, realizată după schema principială din Figura 4.20. f., este dată în Figura 4.21. iar schema tehnologică cu automatizări în Figura 4.22.

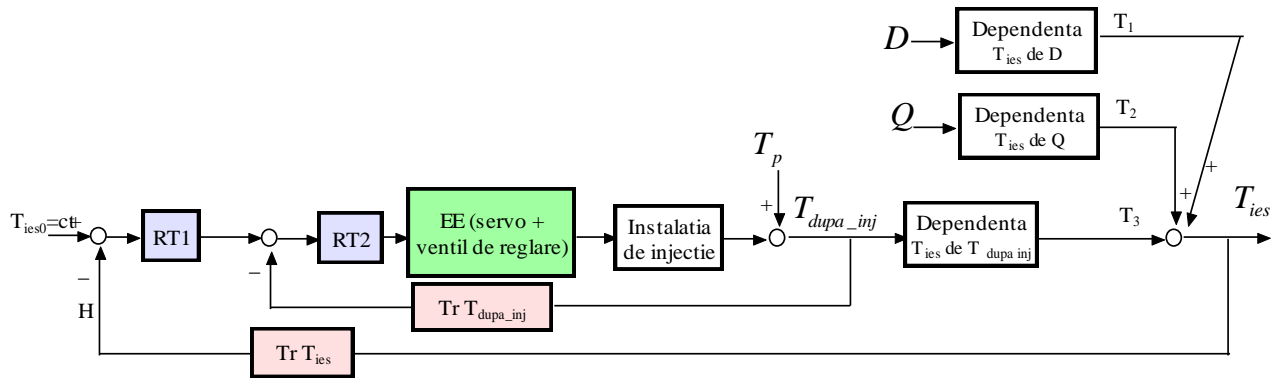


Figura 4.21. Schema funcțională de reglare a temperaturii aburului supraîncălzit

În Figura 4.21. s-au indicat mărimile perturbatoare:

- debitul de abur trecut prin supraîncălzitor  $D$ ;
- debitul de căldură primită de supraîncălzitor prin convecție de la gazele de ardere sau prin radiație,  $Q$ ;
- temperatura aburului la intrarea în SÎ, înainte de punctul de injecție,  $T_p$ .

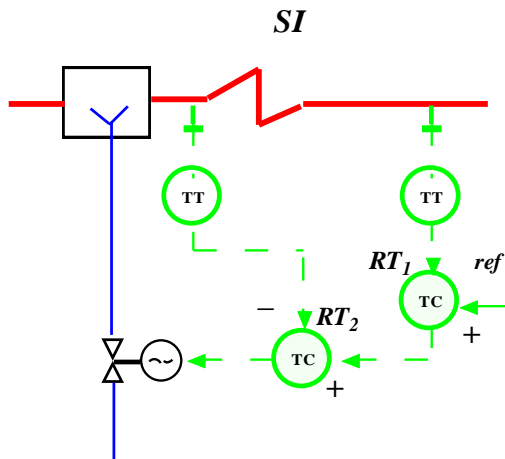


Figura 4.22. Schema tehnologică cu automatizări a reglării temperaturii aburului