

**Ex.2: cazanul cu circulație naturală cu combustibil gazos (CH₄)
funcționând pe conductă colectoare cu turbina**

Având un cazan funcționând pe conductă colectoare cu turbina, pentru reglarea sarcinii cazanului se alege schema de reglare cu doua regulatoare în cascadă (Figura 4.8.a.). Regulatorul de sarcină termică (RST) al fiecărui cazan va rejecta perturbațiile interne ajutat și de semnalul suplimentar de căldură, iar perturbațiile externe de sarcină vor fi rejectate de către regulatorul principal (RP) prin menținerea presiunii aburului constantă pe bara colectoare. Schema principială de reglare a combustiei și a depresiunii în focar este o schemă în serie deoarece cazanul funcționând pe gaz metan, debitul de combustibil este măsurabil.

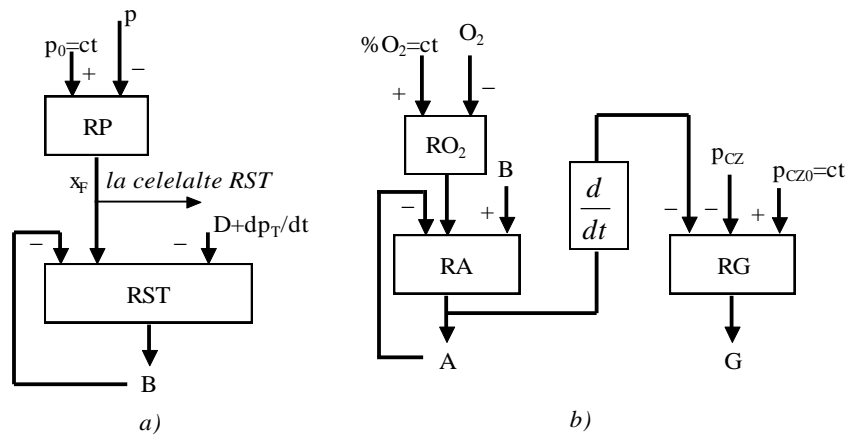


Figura 4.8. Scheme principale de reglare a procesului de ardere pentru un cazanul cu circulație naturală cu combustibil gazos (CH₄) funcționând pe conductă colectoare cu turbina: a) reglarea sarcinii; b) reglarea combustiei și a depresiunii în focar

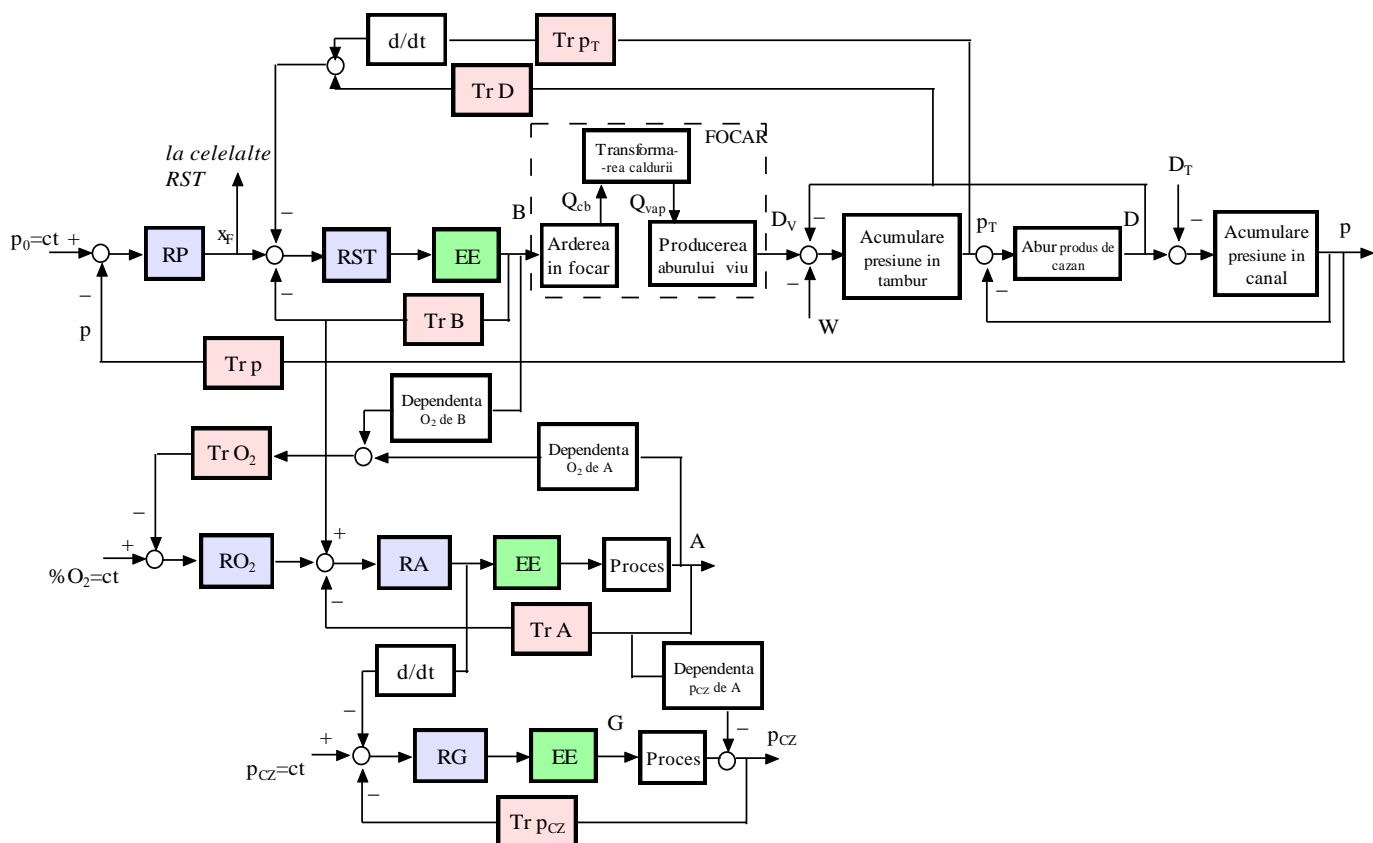


Figura 4.9. Schema bloc a SRA a procesului de ardere pentru un cazanul cu circulație naturală cu combustibil gazos (CH_4) funcționând pe conductă colectoare cu turbina

Din schema bloc rezultă că **regulatorul principal RP este un regulator de rejecție a perturbației** (cu referință constantă, de stabilizare) iar **RSTul este un regulator de urmărire**, servosistem ce urmărește referința impusă de către regulatorul principal. La reglarea aerului, în cascadă, regulatorul de aer este cel de urmărire și cel de oxigen este cel de rejecție al perturbațiilor. Reacțiile inverse la RST prin debitul de combustibil B și la RA prin debitul de aer A, sunt reacții de stabilizare (au rolul de a scurta procesul tranzitoriu, de a stabili mai repede orice regim dinamic care poată să apară în urma apariției unei perturbații).

Reacția dinamică (derivativă) după mărimea de comandă de la ieșirea lui RA are rolul de a furniza o informație suplimentară asupra perturbației principale în circuitul de reglare al presiunii în focar și anume debitul de aer. Experiența arată că dintre diversele posibilități de modificare a debitului de aer și de gaze de ardere cele mai convenabile sunt cele ce utilizează aparatul director al ventilatoarelor de aer respectiv de gaze.

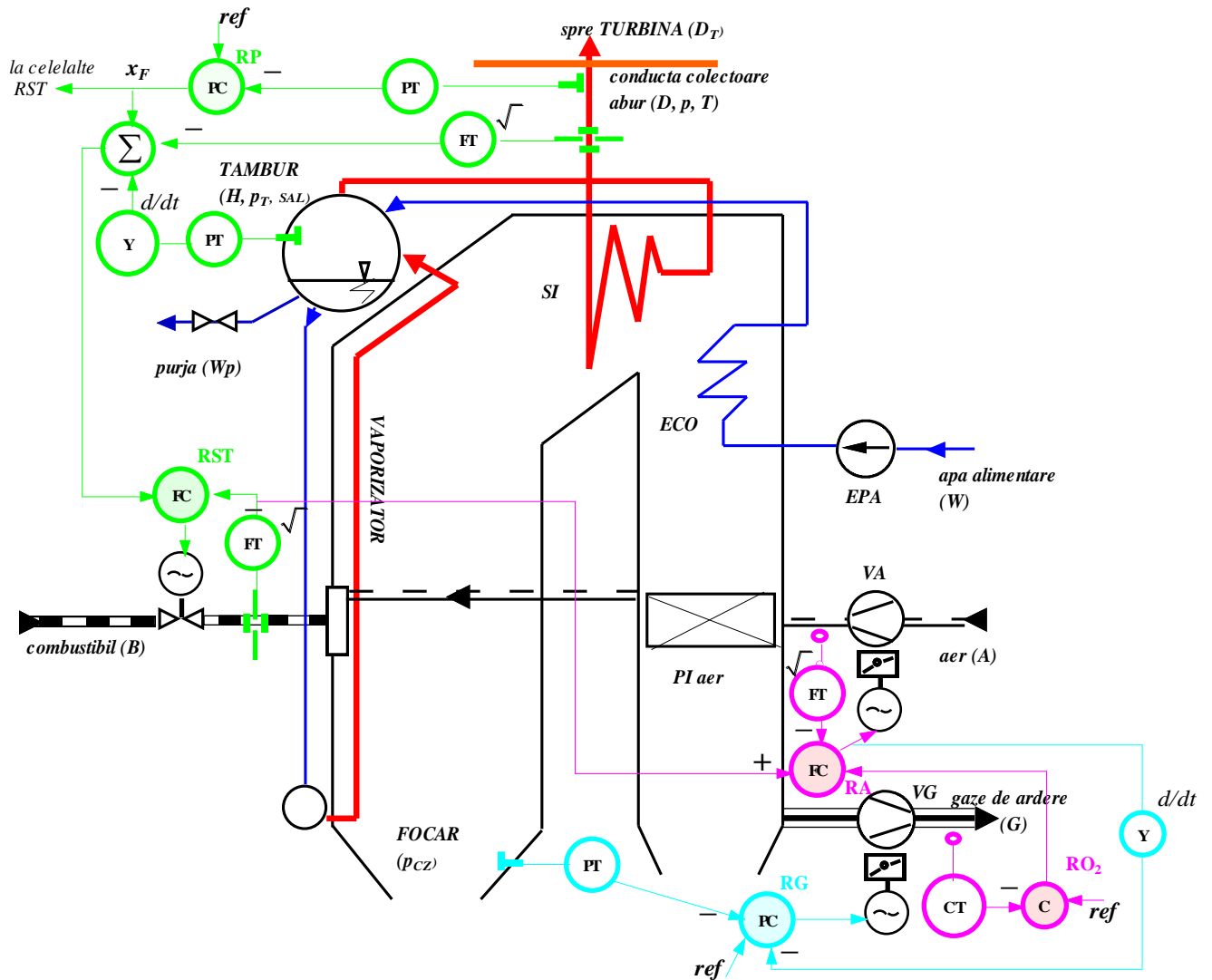


Figura 4.10. Schema tehnologică cu automatizări a procesului de ardere pentru un cazanul cu circulație naturală cu combustibil gazos (CH_4) funcționând pe conductă colectoare cu turbina

În figura 4.10 este dată schema tehnologică cu automatizări a procesului de ardere pentru un cazanul cu circulație naturală cu combustibil gazos (CH_4) funcționând pe conductă colectoare cu turbina.

Dacă cazanul ar funcționa în **schemă bloc cu conductă de ajutor** schema principală de reglare pentru reglarea sarcinii ar fi cea din Figura 4.11.

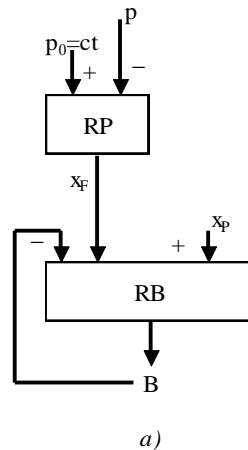


Figura 4.11. Schema principală de reglare a sarcinii pentru un cazanul cu circulație naturală cu combustibil gazos (CH_4) funcționând în schemă bloc cu conductă de ajutor

Astfel, atât perturbația interioară cât și cea exterioară sunt tratate unitar, iar semnalul care detectează cel mai bine acest ansamblu al perturbațiilor este semnalul de sarcină x_P , care poate fi:

- puterea generată,
- debitul de abur debitat de cazan,
- presiunea uleiului din circuitul de comandă al RAV.

Se constată că în această situație semnalul de presiune și implicit regulatorul principal au doar un rol de corecție pentru debitul de combustibil. Debitul de aer este comandat după o schemă serie ca și în figura 4.8.b.

4.2. Automatizarea cazanelor de abur cu străbatere forțată

Cazanele de abur cu străbatere forțată se pot realiza în variantele cu vas de separație (*Schulzer*) sau fără vas de separație (*Benson*, *Ramsin*). Ele se prezintă sub forma unui schimbător de căldură foarte lung.

La cazanele cu recirculare, sau de tip *La Mont*, la care circulația în țevile fierbătoare se asigură de o pompă de circulație, automatizarea cazanului este similară cu cea a cazanelor cu circulație naturală, pompa fiind cu debit constant.

La cazanele cu circulație forțată lipsa tamburului determină o serie de condiții specifice pentru schemele de reglare, condiții în general mai severe decât la cazanele cu tambur.

Tamburul permite în cazul cazanelor cu circulație naturală, să se asigure o rezervă de apă și de abur. În cazul cazanelor cu străbatere forțată, lipsa tamburului impune o sincronizare a debitelor de apă și de abur, prin egalitatea în orice moment a celor două debite. Punctul de sfârșit al vaporizării, în funcție de tipul constructiv al cazanului, trebuie să fie menținut într-un punct fix sau variabil cu sarcina.

La cazanele cu străbatere forțată, fără vas de separare, de tipul *Benson*, în care pierderile de circulație sunt acoperite de presiunea pompei de alimentare, punctul de terminare a vaporizării în circuitul apă abur poate fi fix sau mobil. În cazul punctului mobil, acesta se deplasează spre economizor atunci când sarcina cazanului crește sau debitul de apă scade.

Cazanul *Ramsin* este tot un cazan cu străbatere forțată asemănător cu cazanul *Benson*, cu diferența că țevile ecran de radiație din focar sunt înclinate față de orizontală cu 20° .

Cazanul *Schulzer* posedă, față de cazanul *Benson*, un vas de purjare la care se racordează toate țevile ce vin de la vaporizator. Ca urmare punctul de terminare a vaporizării în circuitul apă-abur este fix și depinde de poziția pe care o are vasul de purjare.

Ca obiect reglat, cazanul cu circulație forțată este tot un element multivariabil pe intrare ieșire, practic având același set de mărimi dar cu alte dependențe intrare-ieșire.

În Figura 1 se prezintă caracteristicile cazanului cu străbatere forțată, exprimate ca răspunsuri tranzitorii la variația debitului de combustibil și a celui de apă de alimentare.

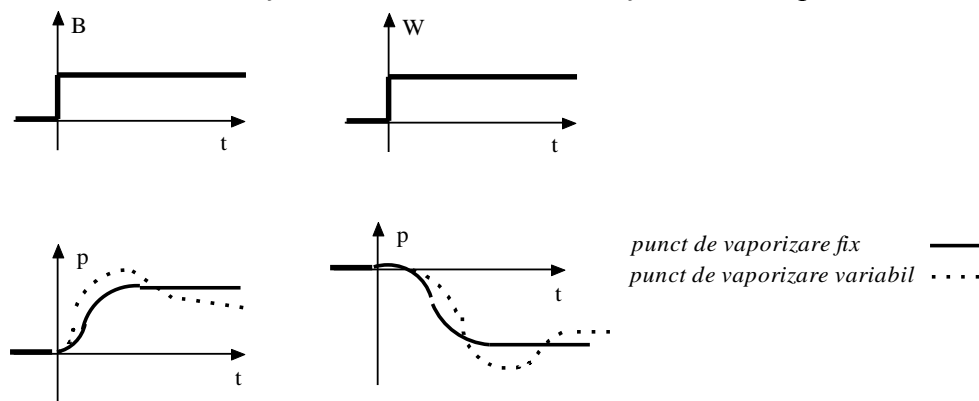


Figura 1. Caracteristicile cazanului cu străbatere forțată

4.2.1. Reglarea automată a procesului de ardere

SRA al cazanului trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- menținerea constantă a parametrilor esențiali ai aburului (p , T);
- menținerea constantă a temperaturii în zona de vaporizare;
- asigurarea unei egalități între sarcina cazanului și debitul de apă de alimentare;
- egalitatea căldurii transferate de la abur la apă în focar și căldura cedată consumatorului.

Mărimile reglate ale procesului de ardere sunt:

- a) presiunea aburului (reglarea sarcinii);
- b) debitul de aer (reglarea combustiei);
- c) depresiunea în focar (reglarea debitului de gaze de ardere).

La cazane cu străbatere forțată se constată că debitul de apă W influențează direct debitul de abur produs, precum și parametrii acestuia. Alți factori perturbatori pot fi: debitul de combustibil, sarcina turbinei și debitul de injecție. Rezultă că semnalul de variație a sarcinii (presiunea aburului la ieșirea din cazan), prin intermediul regulatorului automat, va comanda debitul de apă W . Se impune condiția de a se acționa, în același timp, și asupra cantității de căldură dezvoltate în focar, pentru a menține parametrii aburului la valorile nominale, deci să se acționeze asupra debitului de combustibil.

Există astfel două strategii de conducere a procesului de ardere:

- regulatorul de combustibil (RB) are rol de regulator de sarcină termică (RST) iar regulatorul de debit (RW) are rol de stabilizare a parametrilor aburului (Figura 2);
- regulatorul de debit (RW) are rol de regulator de sarcină termică (RST) iar regulatorul de combustibil (RB) are rol de stabilizare a parametrilor aburului.

La funcționarea pe bară colectoare există un regulator principal având rolul de a distribui perturbația exterioară (de sarcină) pe RST-urile atașate cazanelor în funcțiune. Perturbațiile interne vor trebui rejectate de propriile sisteme de reglare ale fiecărui cazan.

La cazanele funcționând cu turbina în schemă bloc cu conductă de ajutor nu se face deosebirea între perturbațiile externe și interne.

Semnalul de la ieșirea RP poate fi îmbunătățit, dacă pe lângă presiunea aburului la ieșirea cazanului, se mai adaugă un impuls de anticipare după derivata presiunii uleiului din circuitul de comandă al regulatorului automat de viteză (Figura 2.b). Semnalul de la ieșirea RST poate fi îmbunătățit prin adăugarea semnalelor de sarcina și de debit de alimentare (Figura 2.c).

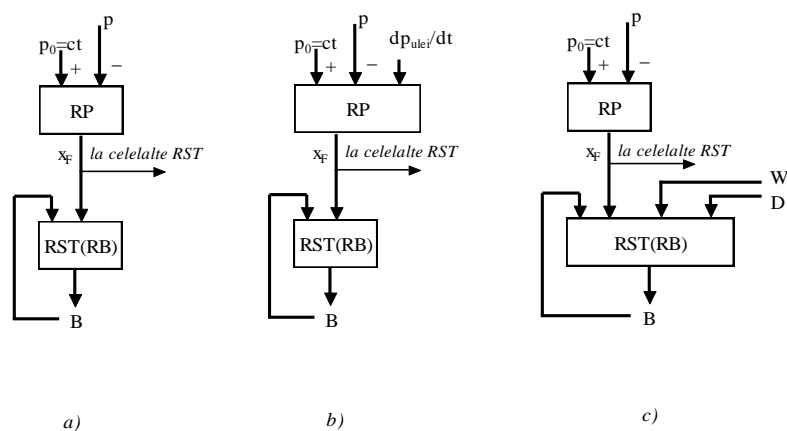


Figura 2. Scheme pricipiale de reglare a sarcinii pentru cazane cu străbatere forțată.

Debitul de aer se reglează în mod similar ca și la cazanele cu circulație naturală. Se preferă reglarea în cascadă (Figura 3.a), în care mărimea de referință a regulatorului de aer este dată de un regulator ce măsoară presiunea și debitul de abur la turbină. Se poate considera și debitul de combustibil la intrarea regulatorului de aer (Figura 3.b), schemă care se utilizează la cazanele cu păcură.

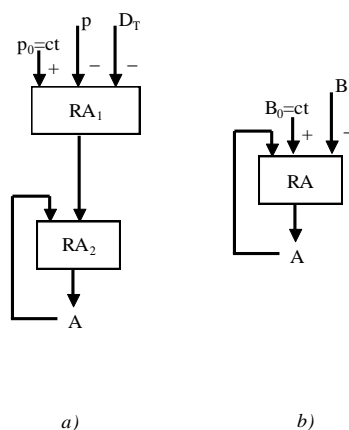


Figura 3. Scheme pricipiale de reglare a debitului de aer pentru cazane cu străbatere forțată.

Reglarea debitului de gaze de ardere se realizează în mod similar ca la cazanele cu circulație naturală, în care depresiunea în focar comandă debitul de gaze de ardere.

4.2.2. Reglarea automată a alimentării cu apă

SRA al alimentării cu apă trebuie să asigure debitul de abur cerut și terminarea vaporizării într-o anumită zonă a circuitului apă-abur, numită zonă de tranziție (ZT). Punctul de terminare a vaporizării apei nu trebuie să se apropie de turbină sau economizor.

O variantă ar fi menținerea constantă a presiunii (Figura 4. a) pentru a controla punctul de vaporizare, sau reglarea debitului de apă după semnalul ieșit de la regulatorul principal (Figura 4.b).

În Figura 4.c. regulatorul din amonte, care măsoară temperatura sau umiditatea în zona de vaporizare, transmite regulatorului în cascadă mărimea de referință. Acesta primește și o perturbație (debitul de abur D sau de combustibil B) și comandă debitul de apă de alimentare.

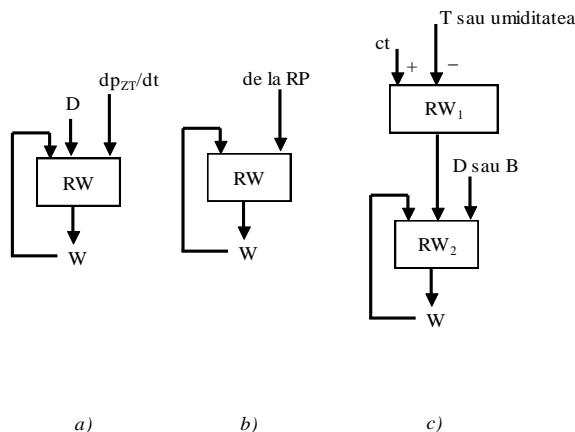


Figura 4 Scheme picipiale de reglare a debitului de apă pentru cazane cu străbatere forțată.

SRA al alimentării cu apă funcționează în strânsă legătură cu SRA al sarcinii termice, perturbația de sarcină reflectându-se asupra temperaturii în zona de terminare a vaporizării. Astfel putem întâlni două situații:

- dacă temperatura aburului în ZT nu se consideră un parametru independent (nu intră în structura schemei de reglare), ea se stabilizează indirect prin B și W , (Figura 5.a și b);
- dacă temperatura aburului în ZT se consideră un parametru independent (Figura 5.c) atunci ea poate interveni ca parametru reglat la RST-ul care are menirea de a menține un raport bine determinat între W și B .

În Figura 5 temperatura aburului la intrarea în SÎ este reglată indirect după o strategie cu RB folosit ca RST în varianta a și după o strategie cu RW folosit ca RST în variantele b și c. Semnalul $(D+dp_{ZT}/dt)$ este asemănător semnalului de căldură de la cazanele cu circulație naturală folosit în regim dinamic pentru rejectarea perturbațiilor interioare. Semnalul x_F este semnalul de intensitate a focului, obținut la ieșirea RP.

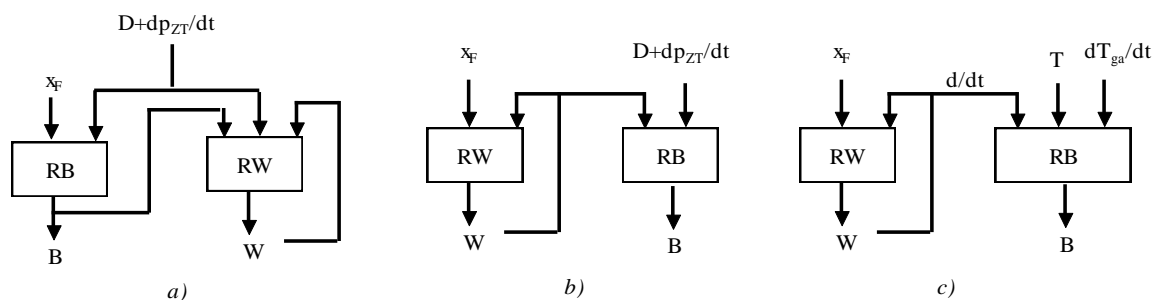


Figura 5. Scheme picipiale de reglare RW/RB

În Figura 5.c temperatura e utilizată ca semnal de măsură în structura buclei de reglare. Ca urmare temperatura este reglată direct în punctul de început al supraîncălzirii. Se adoptă o strategie în care RW este regulator de sarcină termică iar RB este regulator de stabilizare a temperaturii aburului înainte de SÎ. Pentru a îmbunătății performanța schemei de reglare în

regim dinamic, se introduce un semnal de anticipare după temperatura gazelor de ardere evacuate din centrală.

4.2.3. Reglarea automată a temperaturii aburului supraîncălzit

Orice perturbație ce apare pe traseul apă-abur se reflectă direct asupra temperaturii aburului. Având în vedere dinamica mai accentuată a acestor cazane, menținerea constantă a temperaturii se face în condiții mai grele decât la cazanele cu tambur. La cazanele cu circulație forțată este necesar ca temperatura să se mențină constantă în diferite puncte intermediare.

Reglarea automată a temperaturii aburului după zona de tranziție se face similar ca la cazanele cu tambur.

În zona de supraîncălzire se folosesc două sau trei răcitoare de abur cu injecție, reglate pe fiecare parte a cazanului (Figura 6 b). Schema de reglare este, în general, în cascadă sau cu semnal de anticipare (Figura 6.a).

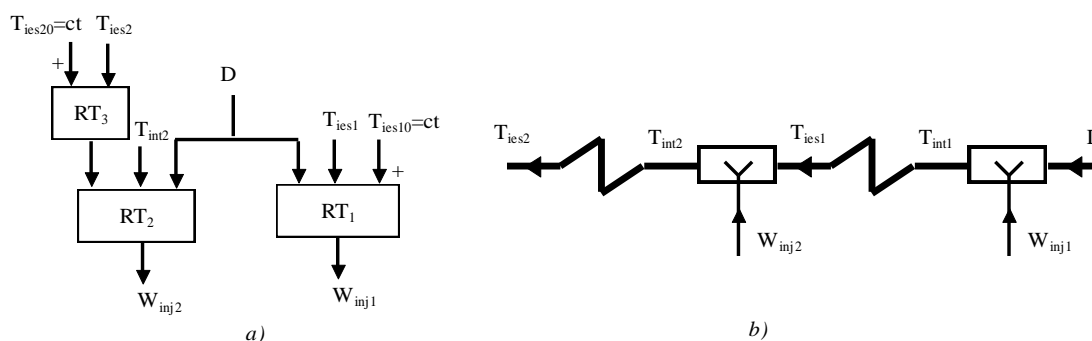


Figura 6 Reglarea temperaturii aburului supraîncălzit la cazanele cu circulație forțată: a) Schema principală de reglare; b) Schema tehnologică.

Corelarea buclilor de reglare se face prin intermediul perturbației măsurabile de sarcină.

4.3. Semnalizarea și protecția cazanelor

În timpul regimurilor de pornire/oprire, precum și în timpul funcționării cazanelor, trebuie evitate avariile cauzate fie de defectări ale instalației sau ale dispozitivelor de automatizare, fie de manevre greșite ale personalului de exploatare. Astfel, exploatarea cazanelor cu personal redus impune luarea unor măsuri de siguranță în exploatarea lor.

Dispozitivele de protecție ale cazanelor au ca scop sesizarea apariției unor regimuri necorespunzătoare de funcționare și intervenția automată pentru oprirea cazanului sau scăderea sarcinii. Oprirea automată a cazanului înseamnă închiderea automată, bruscă a alimentării cu combustibil.

Instalația de protecție automată permite:

- oprirea cazanului;
- reducerea sarcinii;
- restabilirea regimului de funcționare.

Schema de protecție depinde de condițiile tehnologice ale tipului de cazan, însă se pot prevedea, de exemplu, următoarele condiții care au ca rezultat oprirea cazanului (Figura 10.29):

1. la creșterea presiunii apei în cazan peste limita superioară I se impune reducerea sarcinii cazanului prin scoaterea din funcție a unui număr de arzătoare;
2. la creșterea presiunii peste limita superioară II se impune oprirea automată a cazanului;

3. la creșterea nivelului apei în tambur peste limita superioară I se deschid automat ventilele de purjare de la tamburul și supraîncălzitorul cazanului pentru a nu trimită abur în tambur;
4. la creșterea nivelului peste limita superioară II, care prezintă pericolul de pătrundere a apei în turbină, sau la scăderea nivelului apei sub limita inferioară, care poate conduce la arderea țevilor fierbătoare, se oprește automat cazanul;
5. la scăderea presiunii gazului metan sau al păcurii înainte de arzătoare se oprește brusc cazanul;
6. la ieșirea din funcțiune a ambelor ventilatoare de evacuare a gazelor de ardere se oprește automat cazanul;
7. la lipsa tensiunii mai mult de 4-6 secunde, timp în care lucrează fără succes instalația de anclanșare automată a rezervei (AAR) se oprește automat cazanul;
8. la creșterea presiunii în focar peste o anumită limită, ce poate provoca spargerea țevilor fierbătoare în cazan, se oprește cazanul cu o temporizare de cca. 60 de secunde.

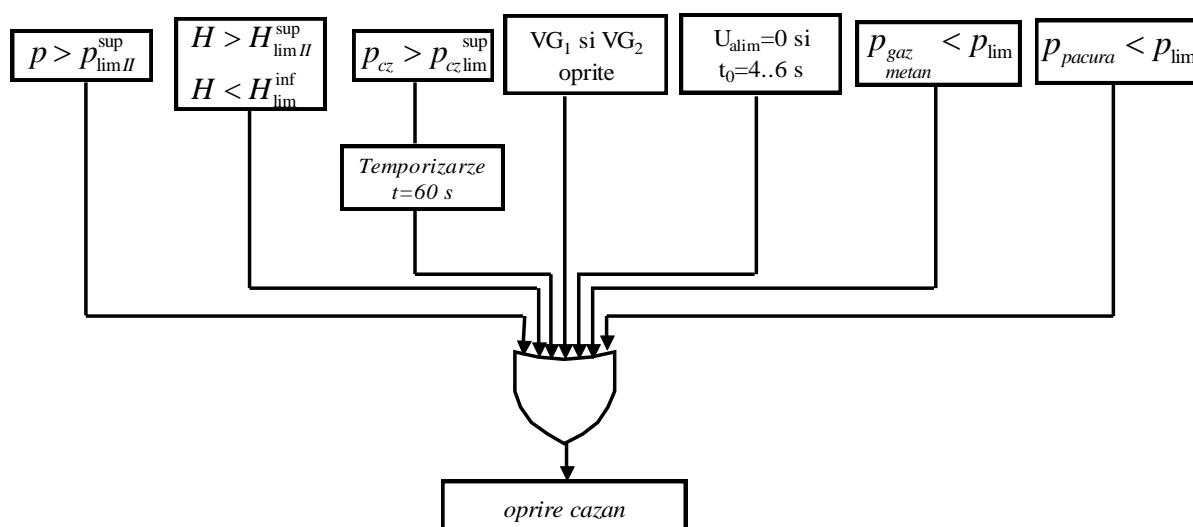


Figura 7 Schema principală de protecție a cazanului de abur

O instalație de supraveghere importantă este cea de *supraveghere a flăcării* în focarul cazanului. Acumularea de combustibil nears în focar, prin stingerea flăcării, creează, în cazul în care se depășește o anumită limită, pericol de explozie în momentul în care se încearcă o reaprindere sau în care combustibilul vine în contact cu elemente incandescente. Instalația de supraveghere intervine fie prin blocarea admisiei de combustibil, fie prin semnalizare în cazul în care după un anumit timp de la declanșarea aprinderii și combustibilului acesta din urmă nu s-a aprins sau dacă se stinge flacăra cu o durată de maximum o secundă.

Instalația de supraveghere constă din unul sau mai multe detectoare de flăcără (celule sensibile la raze ultraviolete sau fotorezistențe), un bloc de amplificare și comparare a semnalului și dispozitive de semnalizare și blocare.

Dispozitivele de blocare au ca scop să evite efectuarea de manevre și operații greșite de către instalația de automatizare sau de către personalul de exploatare. Astfel, se prevăd următoarele blocări mai importante:

- nu se poate porni sistemul de ventilație al aerului (VA) înainte de a se porni sistemul de ventilație al gazelor de ardere (VG);

- nu se poate porni cazanul, adică nu se poate face deschiderea ventilului principal de combustibil, dacă nu au fost deschise în prealabil ventilele de admisie a combustibilului la arzătoare;
- nu se poate face aprinderea automată a combustibilului la arzătoare decât după 10-20 de minute de la pornirea VG și VA, care asigură ventilația focarului.

Apariția funcționării necorespunzătoare a cazanului sau ieșirea din funcție a unor instalații interne se semnalizează optic și acustic pe pupitrul de comandă al cazanului și se transmite semnal către sistemul informatic de supraveghere

Semnalizările sunt de două feluri:

- de avarie (indică o avarie gravă în instalație);
- preventive (indică depășirea unor limite însă care nu au condus încă la avarii)

4.4. Performanțele reglării automate a cazanelor de abur

În cazul realizării reglării automate a cazanelor de abur este necesar să se precizeze performanțele obținute prin introducerea automatizării și intervalul de sarcinii cazanului în care reglarea automată este garantată.

Astfel, în funcție de sarcina cazanului, între minimul tehnologic și 100%, toleranțele instalațiilor de automatizare pot fi:

- pentru presiunea aburului supraîncălzit la intrarea în turbină între 0.5-4.0 % din presiunea nominală;
- pentru temperatura aburului la admisia în turbină între 2-12 °C;
- pentru conținutul de oxigen în gazele de ardere 0.2-1.0 %O₂;
- pentru nivelul în tambur 2-10 cm.