

# Prelegerea nr. 3

## STRUCTURI EVOLUATE DE CONTROL

Vehiculele cu motor aflate în funcționare sunt puternic dependente de mediul înconjurător (condiții meteo și de trafic, conducător, sisteme de comunicații etc.) și prin urmare controlul lor trebuie realizat, pe de o parte, pe baza câtorva parametri previzibili (sau estimați), iar, pe de altă parte, pe baza unor condiții imprevizibile sau întâmplătoare privind traficul, vremea, erorile operatorului, hazardul.

Decizia finală a controlerului trebuie să fie (în mod ideal) de tip uman; de exemplu, acțiunile controlerului trebuie să depindă de structura lui internă, de informațiile externe, de experiența dobândită anterior și de antrenament.

Un motor cu ardere internă, acționând un vehicul, în mișcare, impune o unitate centrală de control, capabilă să furnizeze parametri de operare pentru funcționare optimă a motorului, în combinație cu o interacțiune rezonabilă cu mediul înconjurător.

Un controler pe bază de reguli trebuie să permită sistemului:

- să interacționeze cu mediul înconjurător;
- să schimbe anumii parametri interni ca urmare a interacțiunilor;
- să răspundă în mod diferențiat mediului înconjurător datorită acestor schimbări.

Aceste așa-numite „controlere cu învățare“ sunt capabile să se autoorganizeze, de exemplu, au capacitatea să-și schimbe parametrii interni încât să achiziționeze noi cunoștințe, cunoștința fiind privită ca un corp de date-obiect conectate, organizate într-o formă reprezentativă (de exemplu reguli) ce pot fi executate sau aplicate în anumite scopuri.

Acționând într-un cadru corespunzător de reguli, un astfel de controler poate lua cea mai bună decizie, cu cea mai mică întârziere posibilă.

Etajul supervizat de antrenare a unui astfel de sistem impune prezența unui „profesor“, care intervine în mod succesiv și operează corecții de structură. De asemenea, necesită mijloace de generare a informațiilor pentru „profesor“.

Achiziția de cunoștințe pentru instruirea controlerelor de timp real necesită explorarea sistemelor complexe, interacționând în mod permanent.

Schema-bloc a unui sistem experimental pentru generarea bazei de cunoștințe la motoare cu injecție de benzină este prezentată în figura 2.3.

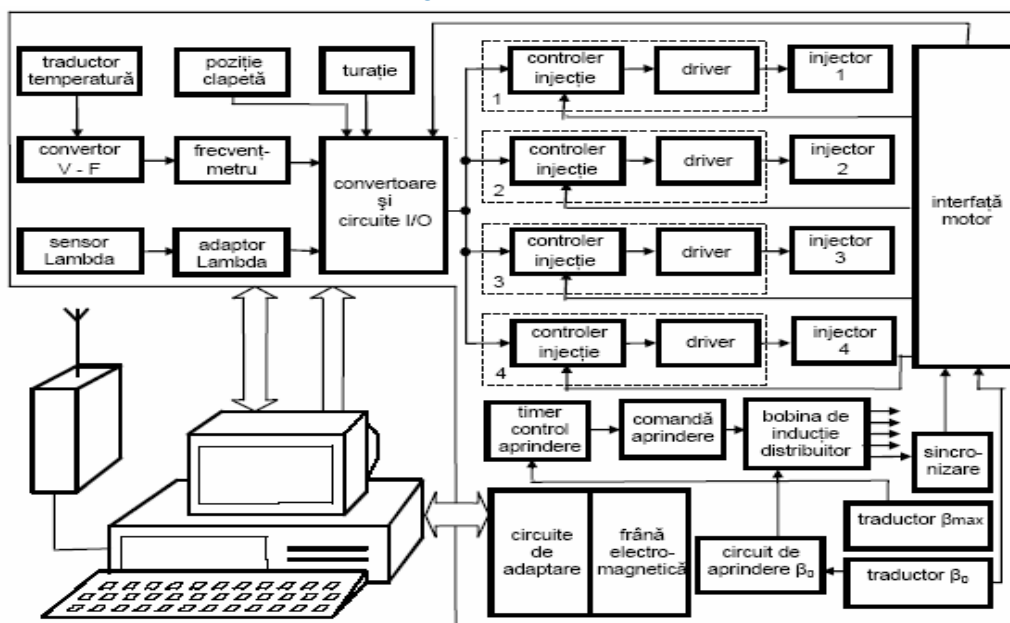


Figura 2.3

De asemenea, modelarea teoretică pe calculator necesită în mod uzual încercări experimentale practice, recurgându-se la analiza experimentală a sistemului. Simularea condițiilor de mediu convențional pentru astfel de motoare impune un stand experimental controlat de calculator, permițând controlul pentru:

- **sarcina motorului (frână electromagnetă, dispozitiv de control al poziției clapetei de accelerație, circuite de adaptare);**
- **turația motorului;**
- **injecția de benzină (controlere pentru injecție, circuite driver, injectoare pentru benzină);**
- **aprindere (timer de control al aprinderii, etaj de ieșire, traductor și circuite pentru aprindere pe avans zero -  $\beta_0$ , traductor pentru avans maxim  $\beta_{max}$ , bobină de inducție, distribuitor de înaltă tensiune).**

Achiziția datelor primare a fost realizată cu ajutorul traductoarelor specifice, proiectate pentru a da informații asupra unor parametri cum ar fi:

- **turația motorului;**
- **poziția clapetei de accelerație;**
- **unghiul de avans la aprindere (traductor  $\beta_{max}$ );**
- **dozajul aer/benzină (sensor Lambda);**
- **punctul mort interior (traductor  $\beta_0$ );**
- **fazele de lucru ale motorului;**
- **temperatură (aer, lichid de răcire, benzină, gaze de evacuare etc.);**
- **presiune (în galeria de admisie, benzină etc.).**

Circulația informațiilor și procesarea locală sunt realizate de un microcalculator prevăzut cu interfețe specifice.

Un nivel mai înalt de achiziție al informațiilor, de la un sistem mobil (cum ar fi automobile în mers în mediu real), este de asemenea posibil, utilizând o interfață de comunicații radio de înaltă frecvență cu calculatorul, aceasta permițând o corecție de finețe a cunoștințelor.

Dezvoltarea acestor interfețe specifice impune de asemenea dezvoltarea de software utilizator:

- **programe de achiziție;**
- **programe de comandă-control;**
- **programe de supraveghere a parametrilor;**
- **programe de extragere a regulilor la prelucrarea datelor experimentale.**

Utilizând acest sistem, se pot studia diferite tipuri de interacțiuni stimuli-răspuns, obținând ca urmare o bază de cunoștințe de prim nivel.

Aceste date generează un potențial de informații, utilizabil pentru a emite deducții prezivibile despre comportarea ulterioară a sistemului în zonele neexplorate ale lumii înconjurătoare reale în transformare.

Gradul de complexitate a unor astfel de relații este evidențiat în cartogramele caracteristice.

Această complexitate înaltă precum și restricțiile în abordarea analitică a unor astfel de sisteme reale justifică dezvoltarea controlerelor cu învățare de reguli.

Structura-bloc a motorului cu control evoluat pe bază de reguli este prezentată în figura 2.4.

Se observă, în principal, înlocuirea grupului - bloc de control - memorie cartograme caracteristice din figura 2.2 - cu un controler pe bază de reguli. Informația înmagazinată inițial în memoria acestui controler se referă la o caracteristică tipică a motorului din gama

respectivă. Informațiile au fost obținute în prealabil pe baza unor probe la un stand de încercări specializat.

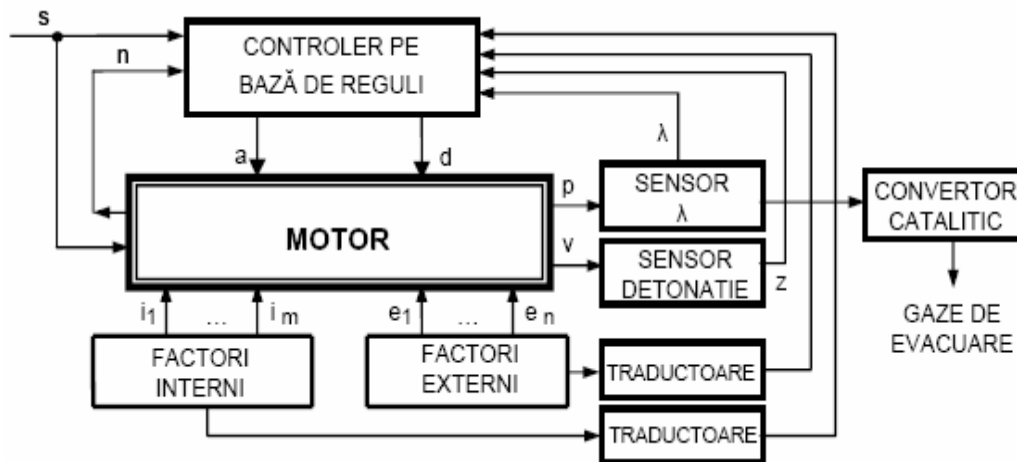


Figura 2.4

Controlerul poate „învăța” în faza de probe de stand cu atât mai mult cu cât i se oferă mai multe situații de funcționare distincte. Din acest punct de vedere apare ca necesară efectuarea de probe la standul climatic. Oricum, sistemul nu poate fi antrenat pentru toate situațiile posibile în care va fi pus în cazul funcționării reale.

Având în vedere faptul că răspunsul sistemului este cu atât mai corect cu cât a „învățat” mai mult, rezultă că o cantitate mare de informații obținute în probe de stand reprezintă o sursă de performanțe potențiale. Aceste cunoștințe dobândite prin antrenare vor acoperi un anumit domeniu, în interiorul căruia răspunsul sistemului va fi, în sensul criteriilor folosite pentru control, corect. În afara acestui domeniu răspunsul sistemului va avea un grad de corectitudine cu atât mai ridicat, cu cât condițiile de funcționare sunt mai apropiate de domeniul explorat anterior.

Odată trecut prin puncte exterioare domeniului explorat anterior, controlerul va dobândi noi informații, va extrage reguli specifice și își va extinde granițele domeniului, constituindu-și astfel un potențial de control mai ridicat. În acest mod se va reduce în mod constant diferența dintre motorul real și modelul său, construit pe bază de reguli. Cu cât sistemul de procesare va fi mai puternic și mai rapid, cu atât modelul va fi mai exact și mai apropiat în timp de obiectul modelării.

Având în vedere că motorul va avea o anumită evoluție în timp a caracteristicilor sale dictată de uzură, calitatea carburantului, a lubrifianților, condiții de mediu și de exploatare, controlerul pe bază de reguli se va apropia de caracteristica reală a motorului de la un moment dat, urmărind modificările. O calitate suplimentară a unui astfel de sistem, pe baza capacității de anticipare, poate fi și diagnoza motorului, evitându-se astfel defecte majore, cu efecte secundare neplăcute. Astfel, se vor putea înlocui anumite componente ce se vor deteriora într-un viitor previzibil, înainte ca acest fapt să se producă, dar și la un moment justificat din punct de vedere economic (pe baza unui criteriu de eficiență). Rezultă deci și o posibilă optimizare pe criterii economice ale exploatării motorului, fapt ce nu este deloc de neglijat.

Problemele de optimizare ale controlerelor pentru motoare trebuie privite într-un context mai larg, de dezvoltare a echipamentelor electronice de control pentru automobile. Aceste echipamente devin din ce în ce mai complexe, necesitând tehnologii avansate și concepte noi în materie de testare.

O altă cale de a îmbunătăți performanțele motorului ține seama că, de fapt, un motor cu aprindere prin scânteie este format dintr-un anumit număr de cilindri, a căror comportare nu poate fi identică în condiții reale. Diferențele care apar sunt datorate limitelor tehnologice de realizare a elementelor ce concurează la construcția fiecărui cilindru.

Abaterile tehnologice vor conduce la anumite deosebiri în ceea ce privește raportul de compresie, ungerea, etc. De asemenea, condițiile de funcționare, din punctul de vedere al factorilor interni sau externi, nu sunt identice. Această caracteristică poate fi foarte bine exemplificată prin condițiile de răcire diferite ale cilindrilor.

Astfel, pentru un motor cu patru cilindri în linie cilindrii de pe capete (1 și 4) vor fi mai bine răciți decât cilindrii din interior (2 și 3). În acest fel, pentru cilindrii 1 și 4 se poate folosi un avans la aprindere mai mare, fără apariția detonației. De asemenea, controlul Lambda unic, prin analiza gazelor din colectorul de evacuare, asigură un răspuns aproximativ.

Datorită condițiilor de funcționare diferite și a îmbătrânirii cilindrilor și a componentelor de alimentare se poate ajunge în situația în care un cilindru să polueze cu CO (funcționând cu amestec bogat), iar altul cu  $\text{NO}_x$  (funcționând cu amestec sărac), semnalul de la sonda unică Lambda, nereușind să reechilibreze dozajul.

În aceste condiții, este evident că soluția o reprezintă utilizarea a câte unui circuit de control pe fiecare cilindru. Se poate vorbi și de o comportare globală a motorului, fără ca aceasta să fie constituită din simpla însumare a efectelor produse de cilindrii săi.

Din acest mod de abordare a problemei rezultă că se pot extrage anumite reguli de funcționare a motorului, ca rezultat al funcționării cilindrilor, fără a considera modul propriu de reglare a mărimilor de control la fiecare dintre aceștia. Se poate astfel imagina o structură de control pe două niveluri:

- **pe primul nivel: controlere pe baza de reguli pentru procesele ce au loc la nivelul fiecărui cilindru;**
- **pe al doilea nivel (superior): un controler pe bază de reguli ce coordonează motorul, privit ca un ansamblu de cilindri.**

Structura-bloc a unui astfel de sistem de control este ilustrată în figura 2.5.

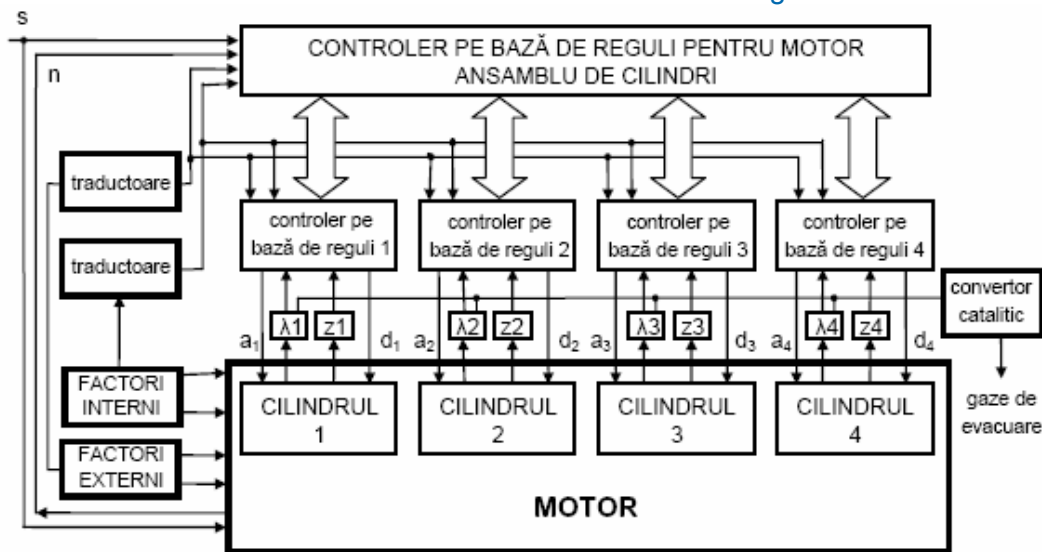


Figura 2.5

O astfel de structură ar putea asigura o anumită ierarhizare a informațiilor (regulilor). Astfel, regulile cu grad înalt de generalizare se vor implementa pe nivelul al doilea, determinând individualizarea cilindrilor în ansamblul reprezentat de motor.

Regulile cu grad înalt de specificitate se vor implementa pe primul nivel, asigurând optimizarea performanțelor fiecărui cilindru în parte.

Se va putea asigura o sporire a vitezei de lucru globale, regulile generale fiind procesate simultan pentru toți cilindrii, eliminând suprapunerile. Timpul astfel disponibilizat poate fi utilizat pentru executarea unor algoritmi specifici mai complecși.

Evident că diagnoza cu un astfel de sistem de control va fi mai precisă, individualizând defectele la nivelul cilindrului.

Deși este mai complex, deci mai scump, încă insuficient conturat din punct de vedere teoretic, un astfel de sistem va putea asigura, într-o perspectivă relativ apropiată, optimizarea atât a exploatarei, cât și a întreținerii motoarelor, la un nivel de eficiență și subtilitate ce poate determina efecte tehnico-economice remarcabile.

### 3. CONTROLUL ELECTRONIC AL APRINDERII

#### DECLANȘAREA ELECTRONICĂ A APRINDERII

Contactul de aprindere al bobinei de inducție, precum și contactul de control al unei aprinderi tranzistorizate declanșate cu ruptor, vor fi supuse uzurii mecanice datorită funcționării intermitente deschis/închis. Punctul de aprindere nu va rămâne atât de constant cât s-ar dori pe durata perioadei de utilizare, ceea ce impune operațiuni de întreținere.

Pentru a înlătura aceste neajunsuri, contactul de comandă sau aprindere este înlocuit cu un sistem electronic cu sensor, fără contact, deci fără uzură (*"non contacting = non wearing"*) ce va controla tranzistorii comutatori din circuitul de aprindere electronică (*"trigger box"*).

Avantajele acestei soluții sunt următoarele:

- nu apare uzură;
- nu este necesară întreținerea (*"maintenance free"*);
- asigură semnale de aprindere uniforme;
- punctul de aprindere se menține constant (în același punct de funcționare).

#### Declanșarea aprinderii de tip inductiv

Principiul dispozitivului de declanșare a aprinderii de tip inductiv montat în distribuitorul de aprindere rezultă din figura 3.1.

Magnetul permanent (1) și înfășurarea de inducție (2) formează statorul. Un rotor (4), de o formă adecvată, este montat pe axul distribuitorului și se rotește în dreptul statorului. Atât miezul înfășurării de inducție (2), cât și rotorul (4) sunt construite din oțel magnetic moale.

Ambele piese sunt prevăzute cu dinți proeminenți. Când rotorul se mișcă, întrefierul (3) dintre dinții rotorului și statorului se modifică în mod periodic. Variația fluxului magnetic determină apariția unei tensiuni electromotoare de inducție în înfășurarea de inducție (2).

Pulsurile furnizate de generatorul astfel format sunt utilizate pentru a forma o tensiune alternativă ce este folosită pentru controlul aprinderii.

Frecvența tensiunii alternative corespunde frecvenței de repetiție a scânteilor. Forma de undă a tensiunii generate de dispozitiv este prezentată în figura 3.2.

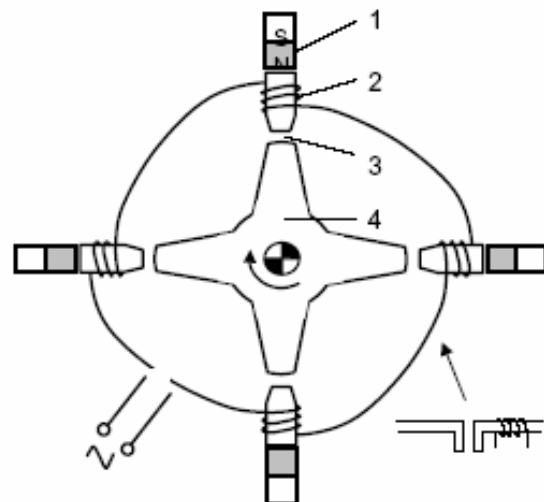


Figura 3.1

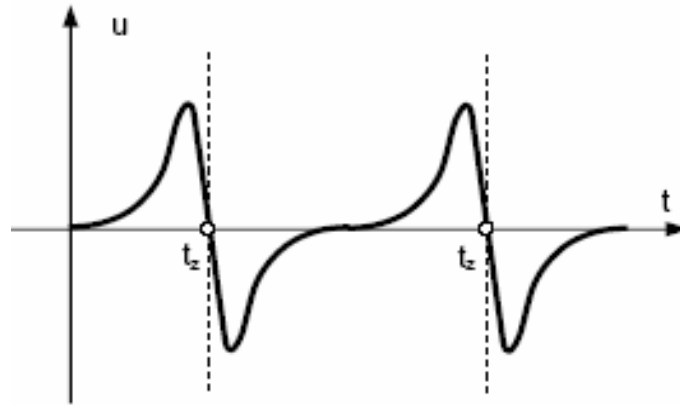


Figura 3.2

O altă posibilitate pentru formarea semnalului de declanșare a aprinderii, pe baza inducției este cea a generatorului de impulsuri montat pe arborele cotit. Principiul metodei rezultă din figura 3.3, iar forma de undă asociată este prezentată în figura 3.4.

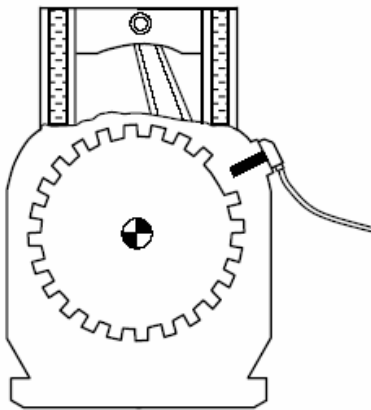


Figura 3.3

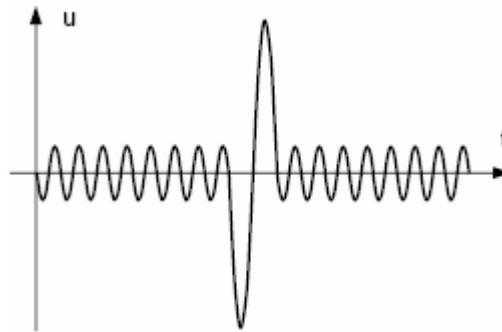


Figura 3.4

Funcție de cerințele impuse acurateții aprinderii și de proiectarea motorului, sunt posibile diferite variante ale sistemului de declanșare:

- **Un sensor inductiv de turație și un sensor inductiv de referință (“reference mark”) sesizează dinții de pe coroana dințată a volantei (pentru demaror), respectiv un plot montat pe volantă, fără contact de marcare;**
- **Un sensor inductiv este acționat de un disc dințat special pe arborele cotit. Semnalul astfel obținut este folosit în comun, pentru a determina atât turația, cât și poziția unghiulară a arborelui cotit;**
- **Un sensor inductiv este activat de un disc segmentat special montat pe arborele cotit. Sensorul furnizează semnal atât pentru determinarea turației, cât și pentru poziția unghiulară a arborelui cotit.**

În acest mod, soluțiile prezentate permit determinarea a doi parametri de interes: turația și poziția unghiulară a arborelui cotit. Valorile determinate la nivelul arborelui cotit au o acuratețe superioară celor determinate folosind distribuitorul de aprindere.

### **Declanșarea aprinderii folosind generator Hall**

Schema de principiu a dispozitivului este prezentată în figura 3.5, iar forma de undă a semnalului generat în figura 3.6.

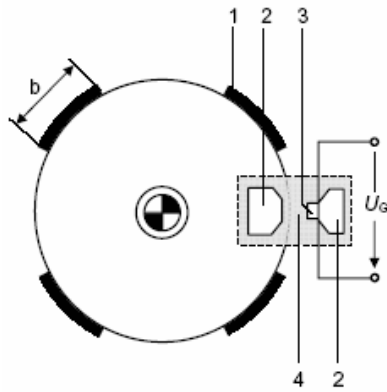


Figura 3.5

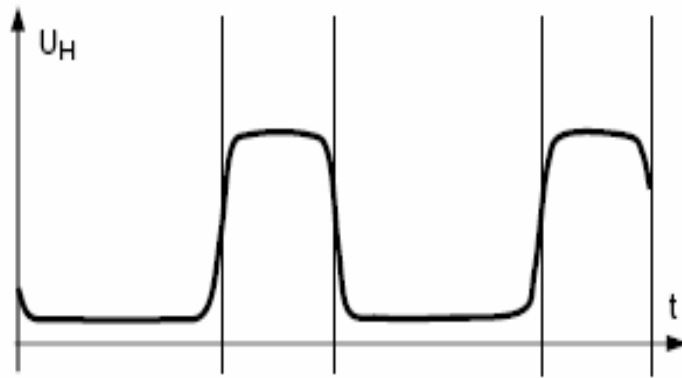


Figura 3.6

Axul distribuitorului se rotește, iar ecranele rotorului (1), de lățime  $b$  trec prin întrefierul (4) al barierei magnetice fără a face contact. Dacă densitatea fluxului magnetic este ridicată, tensiunea Hall  $U_H$  atinge valoarea maximă. Circuitul integrat Hall este activ.

De îndată ce unul dintre pereți pătrunde în întrefier, fluxul magnetic este absorbit într-un mare grad de către ecran și astfel nu mai ajunge la stratul Hall.

Densitatea de flux la nivelul stratului Hall se reduce la o valoare reziduală redusă cauzată de câmpul de scăpări. Tensiunea  $U_H$  atinge acum valoarea minimă. Întrefierul este bine definit cu ajutorul unor piese polare din material magnetic moale (2).

Formele constructive ale rotoarelor pentru generatoarele de impulsuri de tipul celor cu antrenare de la axul distribuitorului sunt prezentate în figura 3.8 a (cu inducție) și b (cu efect Hall).

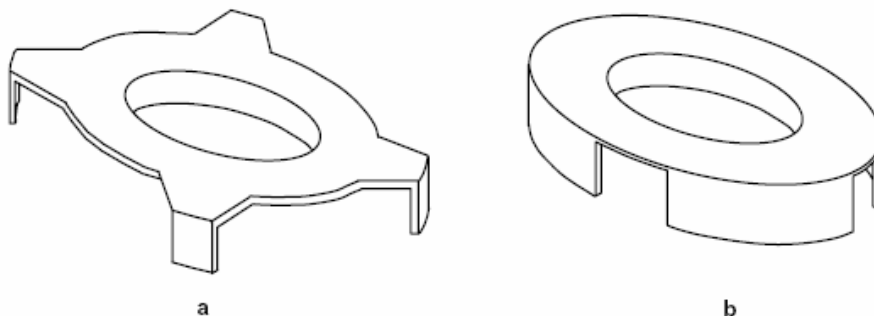


Figura 3.8

## Comutarea electronică a curentului primar din bobina de inducție

Pentru a asigura aprinderea amestecului aer-benzină este necesar să se furnizeze o tensiune de aprindere adecvată și o energie specifică pentru scânteia de aprindere de la bujie.

Capacitatea limitată a contactului ruptorului nu permite creșterea curentului primar (circa 4,5 A). Creșterea curentului este necesară pentru a obține creșterea energiei scânteii și creșterea tensiunii din secundarul bobinei de inducție, în mod particular la turații ridicate ale motorului. Ne reamintim că energia înmagazinată în câmpul electromagnetic al unei bobine de inductanță  $L$ , parcursă de un curent  $I$  este  $W_L = LI^2/2$ .

Circulația curentului prin primarul bobinei de inducție este controlată cu ajutorul tranzistorilor de comutație. Acești tranzistori au fost inițial comandați de ruptorul clasic, apoi cu ajutorul sistemelor electronice de control al declanșării.

Avantajele ce decurg din această concepție a modului de comutare a curentului prin primarul bobinei de inducție sunt:

- pierderi nule și comutare într-un sistem fără uzură a curenților primari de valori ridicate (până la aproximativ 9A), rezultând o tensiune secundară ridicată pe întreg domeniul de rotații ale motorului;
- sistem de declanșare a aprinderii fără întreținere.

### Schema bloc a sistemului

Sistemul de aprindere constă din următoarele părți componente, conform figurii 3.9, și funcționează după cum urmează:

(1) – *bateria de acumulatori*, are rolul sursei de energie. Curentul primar circulă de la baterie prin contactul întrerupătorului de aprindere (atunci când *contactul* (2) este pus), prin înfășurarea primară a *bobinei de inducție* (3), via *aprinde electronică* (4) și apoi prin circuitul de masă. Întreruperea curentului primar în circuitul electronic este controlată de un *generator de impulsuri* (5) din *distribuitorul de aprindere* (6).

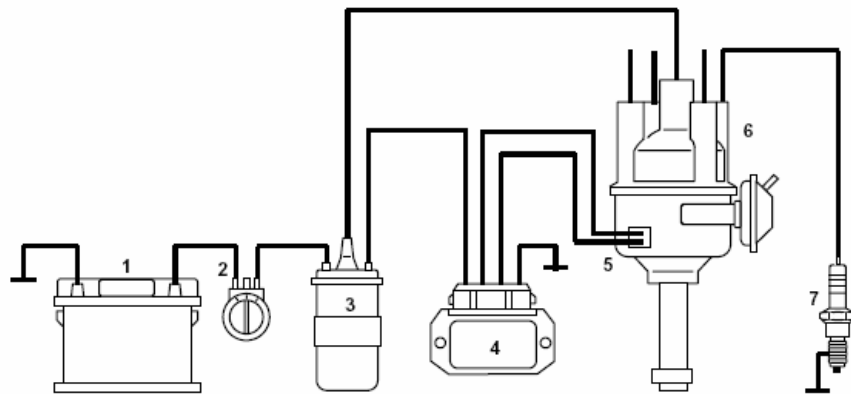


Figura 3.9

În sistemele mai vechi generatorul de impulsuri putea fi un comutator cu control mecanic. În sistemele mai recente, funcția este îndeplinită de un dispozitiv de declanșare de tip electronic.

În momentul în care curentul primar este întrerupt, în înfășurarea secundară a bobinei de inducție se induce înalta tensiune. Înalta tensiune este distribuită de *distribuitorul de aprindere* (6) spre *bujia* (7) corespunzătoare.

### Circuitul electronic al aprinderii

În cele ce urmează se prezintă un sistem tranzistorizat de aprindere folosind un generator de declanșare de tip inductiv.

**Proiectare.** Circuitul electronic permite deservirea unui motor cu 6 cilindri. Componentele sunt montate pe o placă de circuit imprimat. Placa de circuit imprimat este fixată în mod permanent pe un suport metalic care va conduce cea mai mare parte a căldurii generate de circuit către suprafața ansamblului. Un strat din material plastic de tip gelatinos protejează componentele împotriva prafului și deteriorării de tip mecanic. Conectorul de tip cu lame de contact este poziționat pe o parte a plăcii.

**Funcționare.** Schema electrică a unei aprinderi electronice tranzistorizate este prezentată în figura 3.10, iar în figură 3.11 se prezintă diagrama de impulsuri pentru un astfel de sistem, folosind pentru declanșare un generator de impulsuri de tip inductiv.

Conform schemei electrice din figura 3.10, în circuit intervin următoarele blocuri funcționale:

- **A** – *stabilizator de tensiune*;
- **B** – *circuit de formare a impulsurilor*;
- **C** – *circuit de control a unghiului Dwell*;
- **D** – *etaj Darlington de ieșire (integrat)*.



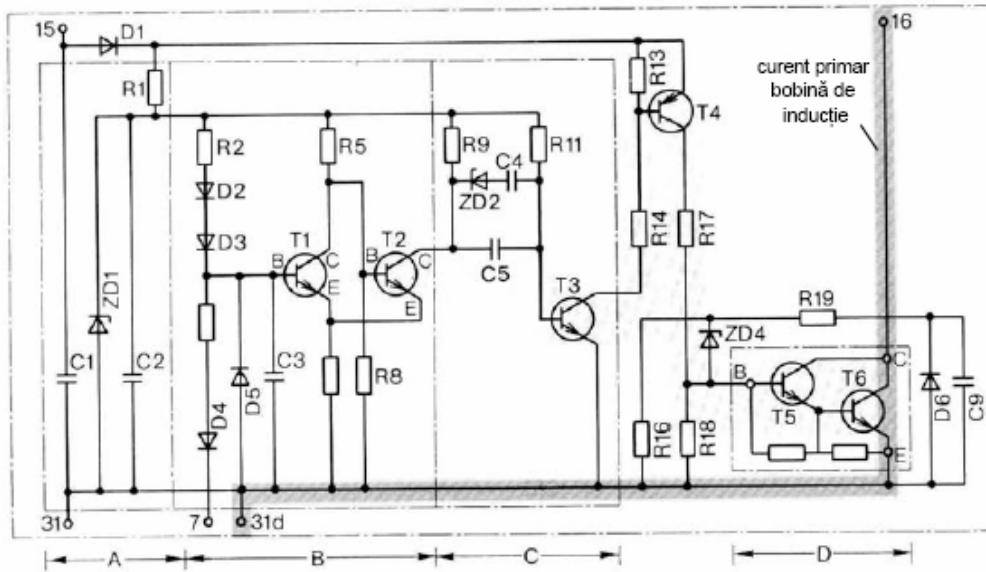


Figura 3.10

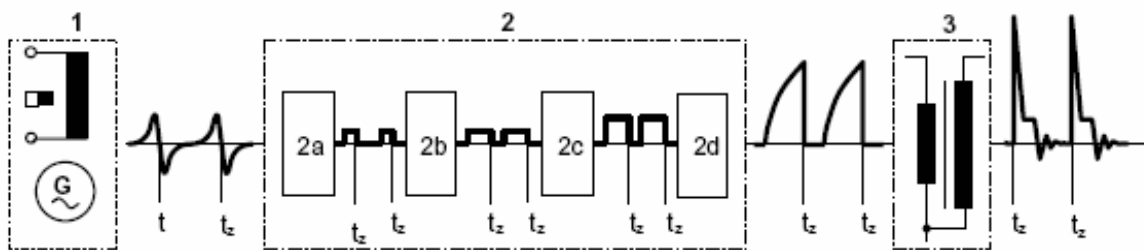


Figura 3.11

Curentul primar al bobinei de inducție circulă pe circuitul: borna 16 (conector) – colector  $T_6$  – emitor  $T_6$  – circuit de masă – borna 31d.

Calea impulsului de control este: borna 7 –  $D_4$  –  $R_6$  –  $T_1$  –  $T_2$  –  $C_5$  –  $T_3$  –  $R_{14}$  –  $T_4$  –  $R_{17}$  –  $T_5$  –  $T_6$ .

Tensiunea de control de tip alternativ ce vine de la generatorul de impulsuri de tip inductiv trebuie să fie formată în impulsuri rectangulare.

Formarea este asigurată de triggerul Schmitt  $T_1 - T_2$  ( $R_5, R_7, R_8$ ). Dioda  $D_4$  (cu siliu) permite propagarea spre baza tranzistorului  $T_1$  numai a impulsurilor negative din tensiunea alternativă de la generatorul de tip inductiv.

Pulsurile pozitive sunt suprimate. Din acest mod de funcționare rezultă că generatorul de impulsuri este încărcat numai pe alternanța negativă, astfel că amplitudinea pulsurilor negative din figura 3.11 este mai mică decât valoarea de funcționare în gol.

În figura 3.11 blocurile sunt:

- 1 – generator de impulsuri de tip inductiv;
- 2 – aprindere electronică;
  - 2a – formator de impulsuri;
  - 2b – circuit de control a duratei impulsului (Dwell);
  - 2c – driver;
  - 2d – etaj de ieșire Darlington;
- 3 – bobină de inducție;
- $t_z$  – punct de aprindere.

De îndată ce tensiunea alternativă de control, evoluând în domeniul valorilor negative, depășește pragul triggerului din circuitul formator, tranzistorul  $T_1$  comută în starea blocat pentru o perioadă  $T_i$ .

Această stare se menține până când tensiunea alternativă de control, evoluând spre valori pozitive de tensiune, trece de tensiunea de prag. Tranzistorul  $T_1$  devine conductor pentru o perioadă  $T_o$ . Diodele  $D_2$  și  $D_3$  sunt prevăzute pentru compensarea termică.

Energia înmagazinată în bobina de inducție poate căpăta o valoare optimă cu ajutorul secțiunii  $C$  a circuitului electronic. Rezultatul obținut este o tensiune înaltă suficientă disponibilă pentru scânteia bujiei, în orice condiții de funcționare ale motorului.

Acest așanumit *“control de unghi Dwell”* specifică momentul de început al perioadei Dwell. Termenul de *“perioadă Dwell”* – *“unghi Dwell”* este împrumutat de la sistemele clasice de aprindere cu ruptor și semnifică timpul pentru care contactul este mai întâi închis și până când contactul este deschis.

Începutul perioadei Dwell este de asemenea și începutul impulsului rectangular de curent utilizat pentru comanda etajului driver cu tranzistorul  $T_4$ . În acest caz se utilizează un circuit de temporizare cu elemente  $RC$ . Circuitul încarcă și descarcă în mod alternativ un condensator prin intermediul unor rezistori adecvați.

Curentul de la tranzistorul driver  $T_4$  comandă etajul de putere de ieșire (de tip Darlington). În acest circuit curentul ce circulă în baza tranzistorul  $T_5$  este amplificat în mod considerabil spre o valoare ridicată necesară ce alimentează baza tranzistorului  $T_6$ .

Curentul primar al bobinei de inducție este comandat în regim de curent de colector al acestui tranzistor.

În completarea dispozitivului descris anterior, există și sisteme de aprindere controlate cu generatoare Hall. Acest tip de aprindere asigură aceleași funcții de bază ca și cele descrise anterior.

În anul 1978 Bosch a lansat pe piață primul sistem de aprindere în tehnologie hibridă. Acesta este considerabil mai mic decât cel cu componente discrete și este prevăzut cu ambele posibilități de atac la intrare: cu impulsuri provenind fie de la generator inductiv, fie de la generator Hall.

### **Controlul electronic al unghiului dwell**

Intervalul de timp dintre semnalele de control de la sistemele de declanșare a aprinderii diferă, fiind o funcție de turația motorului. Totuși, este necesară o valoare specifică a curentului primar pentru a asigura o energie constantă de aprindere a amestecului de către scânteia bujiei. Pentru atingerea acestei valori este necesară o perioadă Dwell specifică. La turații ridicate, respectiva perioadă nu este întotdeauna atinsă. Aceasta poate avea ca rezultat probleme la aprindere în domeniul turațiilor înalte.

Un circuit electronic controlează momentul de aplicare a curentului primar, ca o funcție de turația motorului și de tensiunea bateriei, astfel încât valoarea minimă a curentului să fie atinsă până în momentul corespunzător punctului de aprindere.

Controlul perioadei Dwell, în corespondență cu condițiile de funcționare și curentul primar rezultat, asigură energie de aprindere ridicată, evitând astfel funcționarea defectoasă a aprinderii în anumite situații, ceea ce permite economisirea benzinei.

**Sistemul.** În vederea menținerii puterii de aprindere a sistemului la o valoare ridicată constantă, care în același timp să garanteze și un minimum al pierderilor de putere în tranzistorul de ieșire și bobina de inducție, curentul primar trebuie să atingă un anumit nivel la momentul de aprindere necesar.

Timpul în care curentul circulă prin bobina de inducție este controlat ca o funcție de turație și de tensiunea bateriei, astfel încât, în condiții staționare de funcționare, curentul primar dorit a fost atins la sfârșitul intervalului de circulație prin bobina de inducție. O corecție dinamică este suprapusă la turații reduse, astfel încât pe durata accelerării, valoarea minimă a curentului primar este atinsă datorită acestei corecții, în ciuda reducerii perioadei Dwell.

Etajul de ieșire funcționează ca un limitator de curent, astfel încât dacă curentul primar dorit este atins înaintea punctului de aprindere, curentul primar este menținut constant până la momentul corespunzător punctului de aprindere. Unghiul Dwell este egal cu unghiul de rotație al camei distribuitorului la axul distribuitorului din momentul în care s-a închis contactul ruptorului până la deschiderea acestuia.

Timpul care trece este cunoscut sub denumirea de perioadă Dwell. Mărimile unghiului Dwell și perioadei Dwell sunt proporționale între ele. Perioada Dwell este egală cu perioada de circulație a curentului primar.

Energia înmagazinată în bobina de inducție poate căpăta valoarea optimă cu ajutorul controlului unghiului Dwell astfel încât să fie disponibilă suficientă înaltă tensiune pentru descărcarea în scânteie electrică, în orice condiții de funcționare. Controlul Dwell crește valoarea unghiului Dwell pe măsură ce turația motorului crește. Unghiul Dwell este de asemenea mărit în așa fel încât să fie posibil să se atingă valoarea dorită a curentului primar, chiar dacă tensiunea bateriei scade.

În figura 3.12 se prezintă dependența între unghiul Dwell și curentul primar.

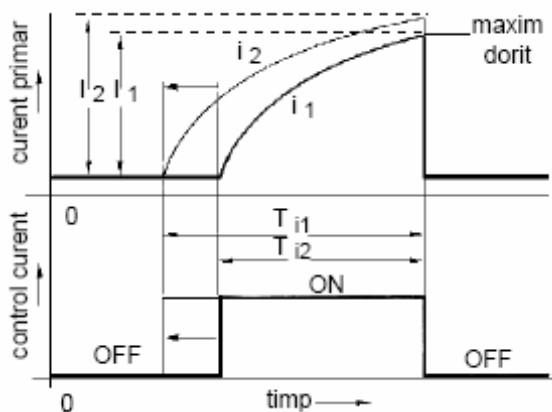


Figura 3.12

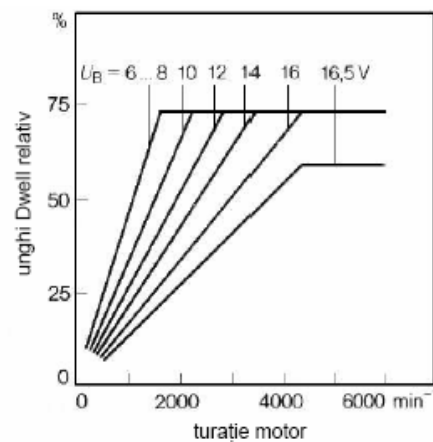


Figura 3.13

Se observă că prin asigurarea unui anumit avans al punctului de închidere a contactului, prin creșterea unghiului Dwell, curentul primar crește de la valoarea  $I_1$  la  $I_2$  în punctul de aprindere.

În figura 3.13 se prezintă valoarea relativă Dwell ca o funcție de turația motorului și având ca parametru tensiunea bateriei.

Unghiul Dwell este limitat la o valoare maximă, așa cum se poate observa din figura 3.13, pentru a garanta o durată minimă în care contactul este rupt și prin aceasta o durată minimă a scânteii.

Pentru a realiza acest lucru, controlul unghiului Dwell funcționează astfel încât, funcție de turația motorului și tensiunea bateriei, unghiul Dwell este modificat prin varierea momentului de începere a perioadei Dwell, pe când sfârșitul perioadei Dwell, precizat de punctul de aprindere, nu este afectat.

### Controlul Dwell în buclă deschisă

Controlul electronic al unghiului Dwell este bazat pe utilizarea unor temporizări folosind elemente RC. În circuit se încarcă și se descarcă condensatori prin rezistori de valori adecvate. Soluția corespunde unui control al unghiului Dwell în buclă deschisă, întrucât combinația dintre rezistori și o capacitate asigură o relație fixă de temporizare, ca o funcție de turație. Este un sistem de control analogic deoarece perioada Dwell se poate modifica în mod continuu (în interiorul anumitor limite). Etajul de comutație a unui sistem de control în buclă deschisă a unghiului Dwell este prezentat în figura 3.14 și este extras din figura 3.10.

Condensatorul  $C_5$  și cele două rezistențe  $R_9$  și  $R_{11}$  sunt utilizate ca elemente RC. Când tranzistorul  $T_2$  din trigger este în starea blocată, condensatorul  $C_5$  se încarcă prin  $R_9$  și

joncțiunea bază-emitor a tranzistorului  $T_3$ . La turații reduse ale motorului, tensiunea pe condensator atinge aproximativ 12V. În acest timp tranzistorul  $T_3$  conduce (figura 3.14 a).

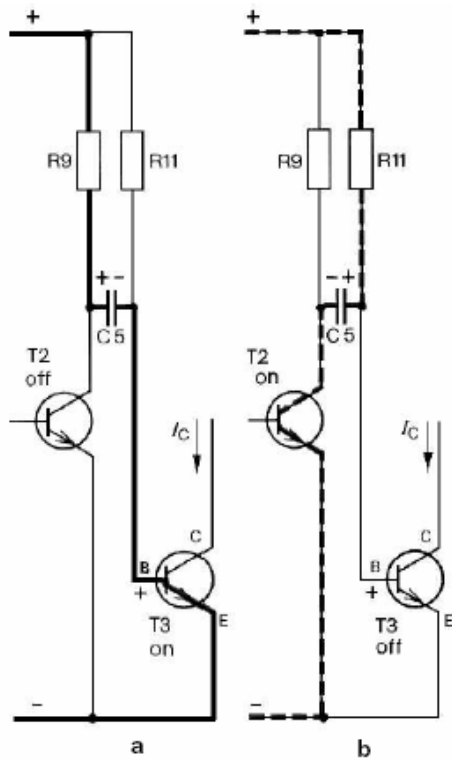


Figura 3.14

În punctul de aprindere  $t_2$ , tranzistorul  $T_2$  intra în conducție și condensatorul  $C_5$  se descarcă acum prin  $R_{11}$  și  $T_2$ . Atât timp cât curentul de descărcare circulă,  $T_3$  este blocat întrucât baza sa este negativată în raport cu masa circuitului.  $T_3$  începe să conducă din nou în momentul în care polaritatea tensiunii pe  $C_5$  se schimbă.

Condensatorul se încarcă din nou în sens invers (față de stuația din figura 3.14 b), când  $T_2$  trece în starea blocată. În acest punct, încărcarea condensatorului este inversată prin intermediul rezistenței  $R_9$  și a circuitului bază-emitor a tranzistorului  $T_3$ , începând cu momentul  $t_2$ .

În figura 3.15 se prezintă trenul de impulsuri pentru controlul unghiului Dwell și curba tensiunii pe condensator  $C_5$ , funcție de timp. Semnele (+) și (-) se referă la potențialul armăturii din dreapta a condensatorului  $C_5$ .

Caracteristica funcțională a controlului în buclă deschisă a unghiului Dwell constă în conectarea curentului de colector al tranzistorului  $T_3$  când se schimbă polaritatea pe condensator  $C_5$  (punctul  $A_1$  din figura 3.15).

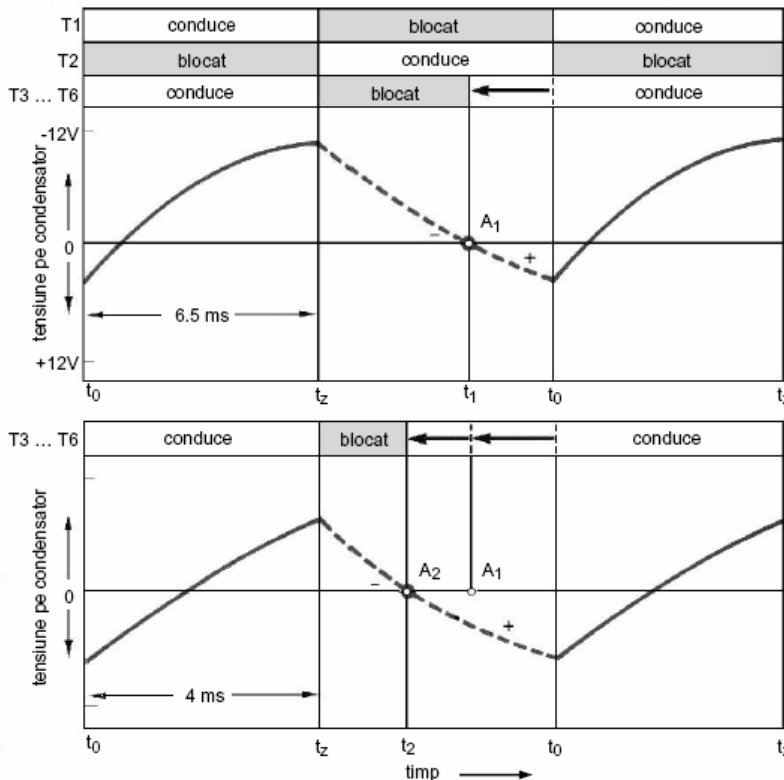


Figura 3.15

Celelalte tranzistoare  $T_4 \dots T_6$  încep de asemenea să conducă în același timp cu  $T_3$ . Avansul la începerea perioadei Dwell (indicată cu săgeată în figura 3.15), referit la momentul  $t_0$  de blocare a tranzistorului  $T_2$ , se realizează în acest mod.

Când turația motorului crește, timpul de încărcare a condensatorului  $C_5$  scade. Condensatorul nu se mai poate încărca până la întreaga tensiune a bateriei.  $C_5$  se descarcă în mod corespunzător mai repede, rezultând și începerea mai devreme a perioadei Dwell  $t_2$  și astfel și o perioadă relativ mai mare a unghiului Dwell (figura 3.15).

### Controlul electronic în buclă închisă a unghiului Dwell

Procesul de ardere în interiorul cilindrului poate fi îmbunătățit în continuare crescând energia disponibilă pentru aprindere. Aceasta permite îmbunătățirea proiectării generale a motorului. Prin suprapunerea unui control al unghiului Dwell în buclă închisă cu limitare de curent peste un control al unghiului Dwell în buclă deschisă, se poate asigura atingerea valorii corecte a curentului primar în punctul de aprindere, în toate condițiile de funcționare. Deconectarea curentului primar când motorul este oprit previne încălzirea excesivă a bobinei de inducție atunci când contactul este pus.

Ambele măsuri fac posibil să se asigure o îmbunătățire a proiectării bobinei și a tranzistorului de ieșire (din sistemul tranzistorizat de aprindere), pentru a furniza energie ridicată pentru aprindere, cu pierderi reduse de putere.

- Cu limitarea de curent nu mai sunt necesare rezistențele de balast și cablurile corespunzătoare, precum și creșterea tensiunii pentru pornire.
- Cu controlul în buclă închisă Dwell se reduce dependența sistemului de aprindere de tensiunea bateriei, temperatură și turație.
- Deconectarea sistemului atunci când motorul este oprit previne circulația curentului prin primarul bobinei de inducție atunci când motorul este oprit și contactul este pus.

În general, disponibilul de înaltă tensiune și energia pentru procesul de aprindere asigură creșterea performanțelor de ardere a amestecului carburant.

**Funcționare.** Unghiul Dwell este controlat astfel încât să se atingă aceeași valoare a curentului primar, în orice condiție de funcționare, cum ar fi cu valori diferite ale tensiunii bateriei, turației motorului sau temperaturii. Acest aspect este evidențiat în figura 3.16.

De exemplu, cu o tensiune a bateriei de 6V (în timpul pornirii), curba curentului este mult mai plată decât pentru 12 V sau 15 V.

Aceasta înseamnă că în cazul tensiunii de 6V curentul primar trebuie să se stabilească considerabil mai devreme, întrucât unghiul Dwell trebuie să fie mai mare decât în cazul tensiunilor de 12 V sau 15 V.

Pentru a păstra valoarea medie a pierderilor de putere și prin aceasta încălzirea sistemului de aprindere la nivel scăzut, unghiul Dwell este controlat atât de exact încât curentul este limitat numai pentru scurt timp, de ordinul procentului, între punctele de aprindere.

Într-un distribuitor de aprindere echipat cu generator de impulsuri de tip inductiv, unghiul Dwell este modificat prin schim-barea nivelului triggerului Schmitt din circuitul de control al aprinderii.

Pragurile triggerului se deplasează pe curba tensiunii generatorului de impulsuri. Dacă unghiul Dwell este prea mic, nivelul triggerului se deplasează spre valori mai negative. În cazul unei valori prea mari a unghiului Dwell procesul se desfășoară în sens invers (ca în figura 3.17).

- $S_1$  – unghi Dwell corect,  $t_1^*$  - timp de limitare a curentului corect;**
- $S_2$  – unghi Dwell prea mic;**
- $S_3$  – unghi Dwell prea mare,  $t_3^*$  - timp de limitare a curentului prea mare**

În cazul unui distribuitor echipat cu generator Hall, triggerul trebuie precedat de un etaj formator, întrucât generatorul Hall nu poate furniza un semnal analog celui de la generatorul de impulsuri de tip inductiv.

Circuitul formator convertește semnalul rectangular furnizat de generatorul Hall într-un semnal triunghiular sau în dinți de fierăstrău. În cazul unei modificări a unghiului Dwell, nivelul triggerului se deplasează de-a lungul rampei (figura 3.18).

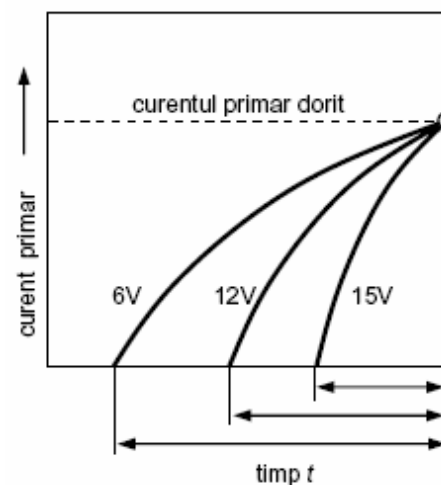


Figura 3.16

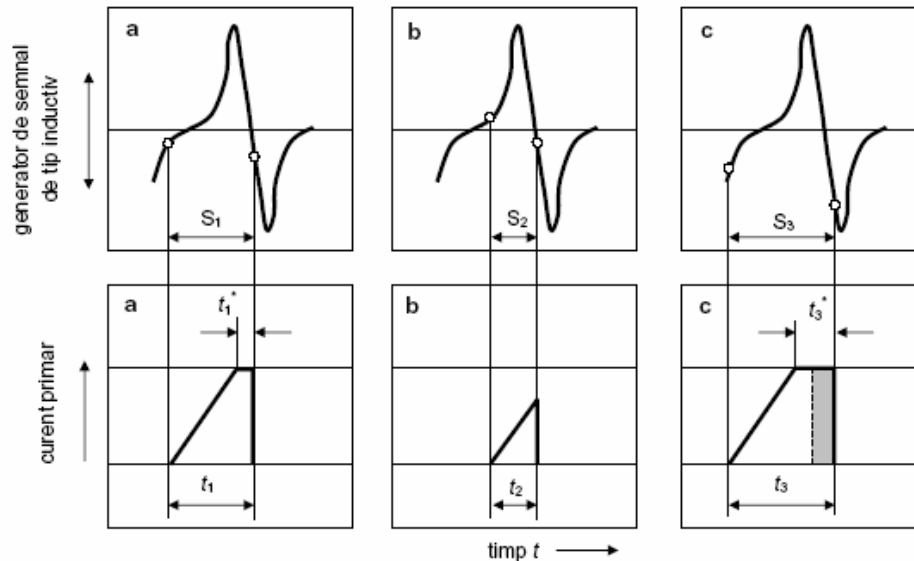


Figura 3.17

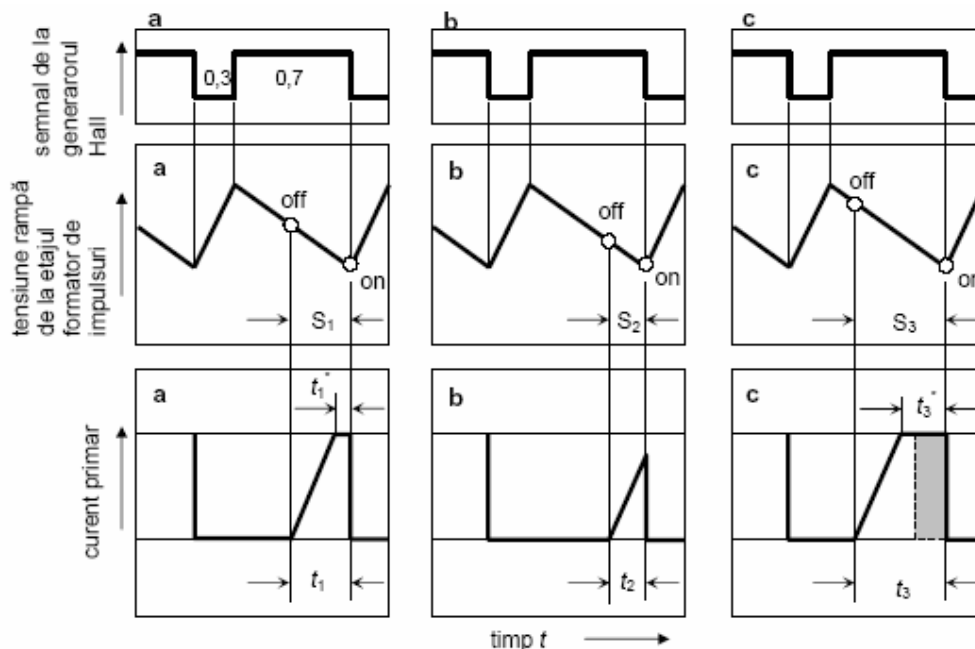


Figura 3.18

- a)  $S_1$  – unghi Dwell corect,  $t_1^*$  - timp de limitare a curentului corect;**
- b)  $S_2$  – unghi Dwell prea mic;**
- c)  $S_3$  – unghi Dwell prea mare,  $t_3^*$  - timp de limitare a curentului prea mare**

Atât pentru figura 3.17, cât și pentru figura 3.18, sunt valabile următoarele constatări:

- a)** curentul primar atinge valoarea dorită. Timpul de limitare a curentului primar nu este prea mare;
- b)** curentul primar nu atinge valoarea dorită, de exemplu în cazul unei accelerări bruște. Cu ajutorul controlului Dwell în buclă închisă, unghiul Dwell este mărit în următorul ciclu într-o asemenea măsură încât curentul primar dorit să atingă din nou valoarea dorită;

- c) valoarea dorită a curentului primar atinge valoarea dorită, însă timpul de limitare este prea mare, datorită, de exemplu, unei decelerări însemnate a motorului. În următorul ciclu, unghiul Dwell va fi redus cu mărimea prezentată hașurat. Energia corespunzătoare ariei hașurate este convertită numai în căldură și deci de fapt se pierde.

### Limitarea curentului primar

Întrucât rezistențele de balast nu mai sunt necesare în circuit, etajul de ieșire, spre deosebire de aprinderile tranzistorizate mai vechi, trebuie să permită de asemenea limitarea curentului primar. În acest fel se pot utiliza bobine de inducție cu rezistență scăzută a înfășurării primare. Valoarea maximă a curentului primar nu mai este acum precizată de rezistența totală a circuitului primar, ci de acțiunea limitatorului de curent din circuitul de aprindere. Valoarea dorită a curentului primar este specificată prin fixarea limitei de curent în circuitul de aprindere. Limitarea de curent funcționează (într-o analiză simplificată) atunci când valoarea dorită a curentului primar este atinsă la nivelul traductorului de curent (de tip rezistiv), ca în schema bloc din figura 3.19.

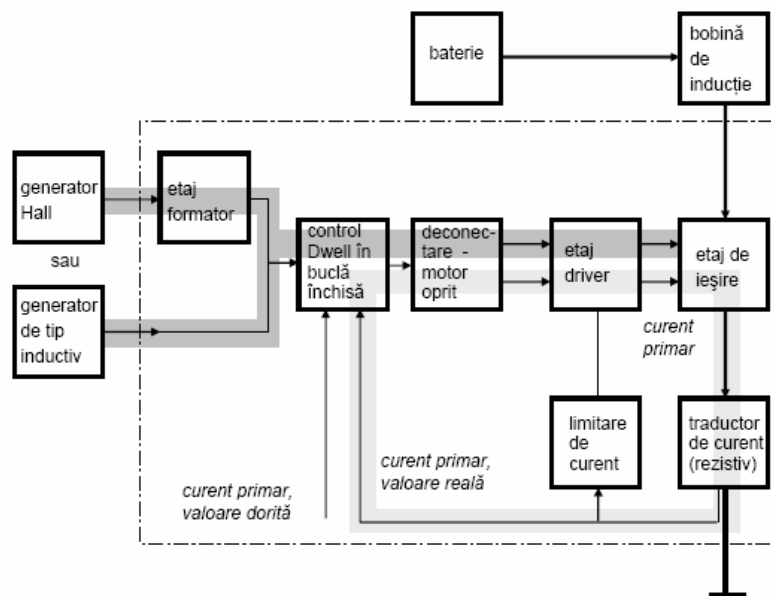


Figura 3.19

Căderea de tensiune produsă este recunoscută de circuitul de limitare a curentului ce controlează funcționarea tranzistorului de ieșire în regim de rezistență de balast controlată electronic. Căderea de tensiune pe tranzistorul de ieșire poate lua astfel diferite valori. Cu etajul de limitare de curent, căderea de tensiune pe tranzistorul de ieșire în perioada de limitare a curentului atinge valori de 6 ... 8 V.

### Deconectarea la motor oprit

Pentru a evita suprasarcinile la care este supus sistemul de aprindere când motorul este oprit și contactul este pus, etajul de ieșire este deconectat în mod automat după cel mult o secundă. Când motorul este pornit, sistemul dă imediat la ieșire scânteile de aprindere.

**Etajul driver.** Etajul driver, cu limitarea de curent și interfața de suprimare a aprinderii, corespunde celui utilizat în sistemele convenționale de aprindere tranzistorizată.