

Prelegerea nr. 9

Sensorul de distrugere

Sensorul de distrugere poate căpăta mai multe forme, ce pot fi în general descrise ca fiind mecanice sau electronice.

Sistemul mecanic (figura 8.4) folosește un arc care reține o rolă într-o poziție de fixare până când un impact peste o limită prestabilită provoacă o forță suficientă pentru a învinge rezistența opusă de arc.

După aceasta rola se mișcă declanșând un microîntrerupător. Întrerupătorul este de tip normal deschis, cu o rezistență conectată în paralel ce permite monitorizarea sistemului. Se pot folosi două întrerupătoare identice pentru a fi siguri că air-bagul se desfășoară numai atunci când impactul frontal este suficient. De notat faptul că air-bagul nu se desfășoară în eventualitatea unei răsturnări.

Celălalt tip principal de sensor de distrugere poate fi descris ca fiind accelerometru. Acesta va sesiza evident decelerarea, care este accelerație negativă.

Figurile 8.5 și 8.6 prezintă două tipuri, unul bazat pe mărci tensiometrice, iar celălalt folosește un cristal piezoelectric.

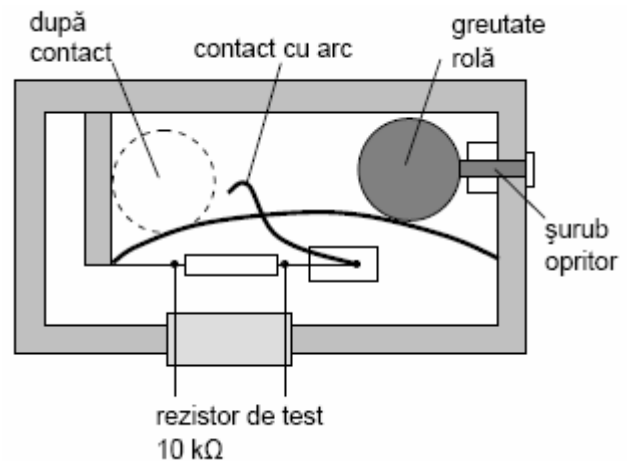


Figura 8.4

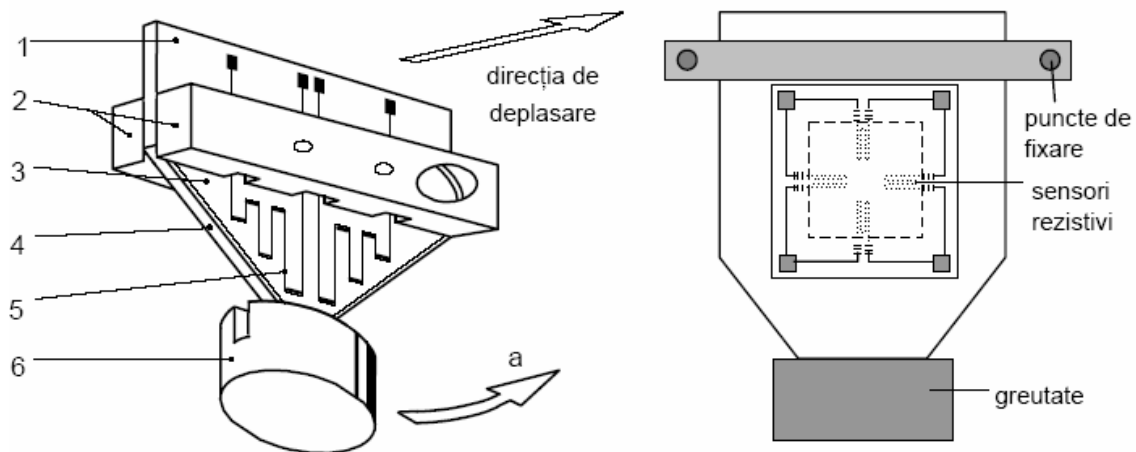


Figura 8.5

- 1 – contacte
- 2 – montură
- 3 – izolație
- 4 – arc
- 5 – mărci tensiometrice
- 6 – greutate

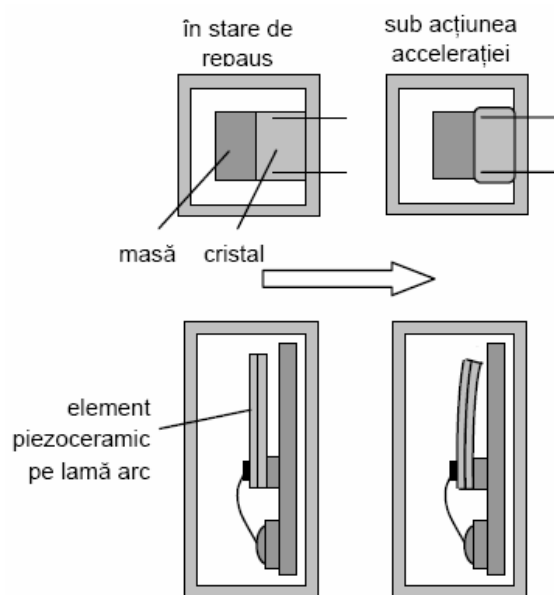


Figura 8.6

O modificare severă a vitezei vehiculului va determina apariția unui semnal de ieșire din acești senzori întrucât masa seismică se mișcă. Tipul cu cristal piezoelectric va produce o sarcină electrică, iar tipul cu mărci tensiometrice o modificare a rezistenței.

Circuite electronice corespunzătoare pot monitoriza aceste modificări și printr-o programare prealabilă reacționează atunci când apare un semnal care atinge un prag fixat. Avantajul acestei tehnici este acela că senzorii nu trebuie să fie proiectați în mod specific pentru un anumit vehicul, întrucât diferențele între sistemele de pe vehicule diferite pot fi tratate prin metode software.

Unitatea electronică de control

Componenta finală este unitatea electronică de control sau unitatea de control și diagnostic. Când se folosește un sensor de distrugere de tip mecanic, teoretic nu ar fi necesară nici o unitate de control electronică. Se poate folosi un simplu circuit pentru a desfășura air-bagul atunci când întrerupătorul sensorului funcționează.

Totuși, există sistemul de monitorizare sau partea de diagnostic din unitatea electronică de control, care sunt elemente foarte importante. Dacă se detectează un defect în orice parte a circuitului, atunci se va acționa o lampă de avarii. În memoria unității electronice de control se pot memora până la cinci (în unele sisteme chiar mai multe) defecte, codurile putând fi accesate cu ajutorul luminii pulsatorii sau folosind sisteme de citire a defectelor cuplate pe linia serială.

O schemă bloc a unui circuit air-bag este prezentată în figura 8.7.

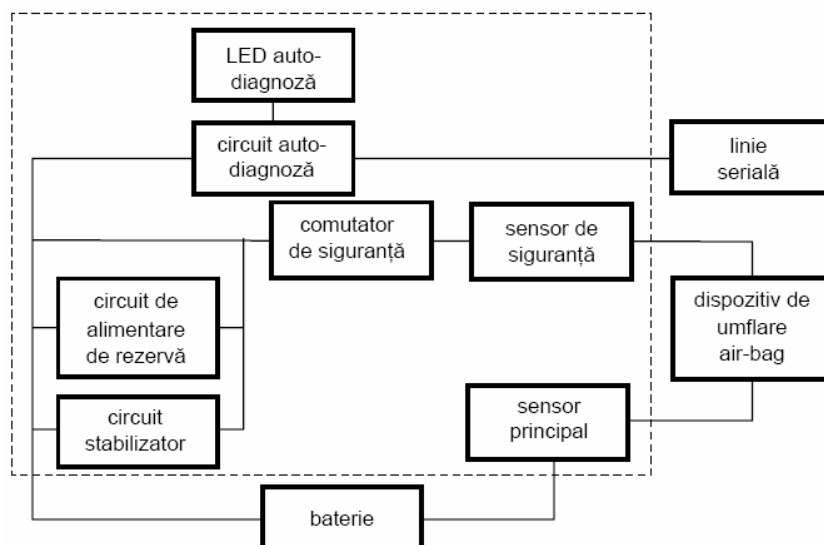


Figura 8.7

Circuitul de siguranță, care este un sensor de distrugere mult simplificat, previne desfășurarea air-bagului în eventualitatea unui sensor principal defect.

Un sistem digital folosind senzori electronici are la dispoziție circa 10 ms la o viteză de 50 km/h pentru a decide dacă trebuie activate sistemele de reținere. În acest timp trebuie efectuate circa 10.000 de operații ale computerului. Informațiile pentru dezvoltarea acestor algoritmi se bazează pe simulări pe computer.

Sistemele digitale pot de asemenea să memoreze evenimentele de pe durata unei distrugerii, permițând colectarea de date reale, ce apar în cazul unui accident. Aceste informații vor fi analizate și valorificate ulterior pentru îmbunătățirea sistemului de protecție.

Schema bloc din figura 8.7 prezintă principalele blocuri ale unității electronice de control, fără a face precizări privind soluțiile tehnologice de realizare. Diferitele soluții vor fi discutate în cadrul acestui capitol într-un paragraf distinct.

Dispozitivul de pretensionare a centurii de siguranță

Dispozitivul de pretensionare a centurii de siguranță este tot de tipul cu acționare pirotehnică. Se pot imagina mai multe soluții, dintre care două sunt prezentate în figurile 8.8 și 8.9.

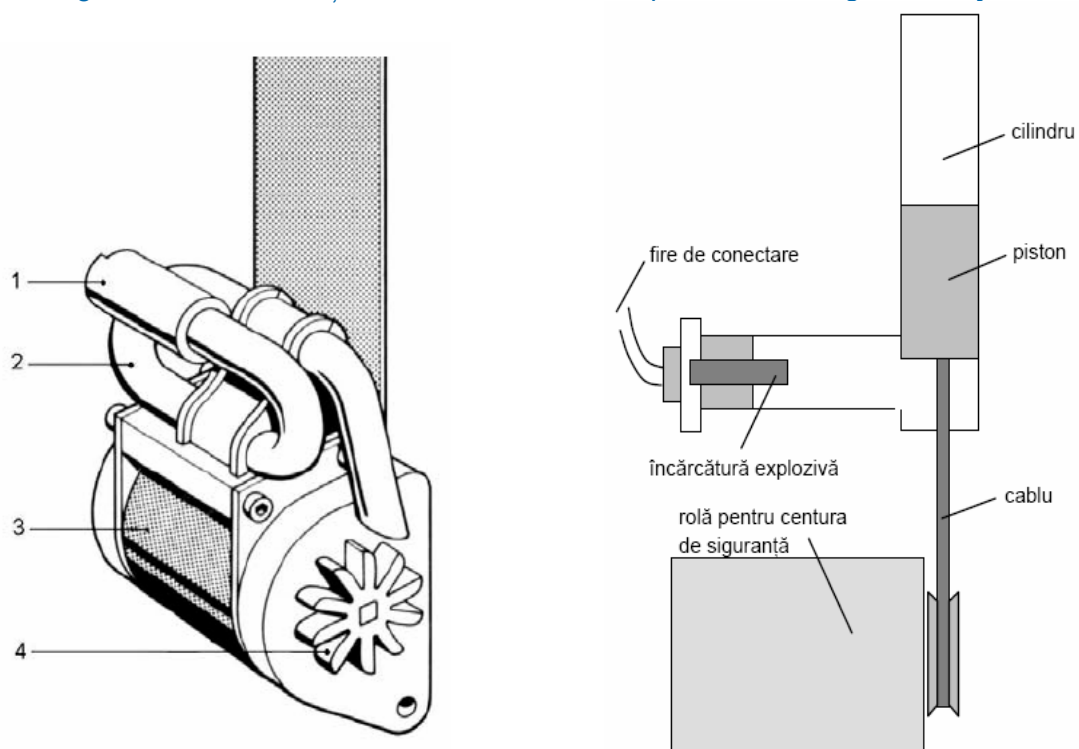


Figura 8.8

- 1 - corp cu capsă detonantă, cameră de ardere și piston**
- 2 - tub**
- 3 - roată pentru centura de siguranță**
- 4 - rotorul cu pale ale turbinei**

Procesul de declanșare a dispozitivelor de pretensionare a centurilor de siguranță coincide cu cel de la air-bag. În cazul dispozitivului din figura 8.8, dispozitivul pirotehnic (detonant) plasat în corpul 1 forțează fluidul din tubul 2 asupra palelor de pe rotorul unei turbine 4. Mișcarea de rotație a rotorului cu pale ale turbinei determină rotirea axului rolei pentru centura de siguranță 3, astfel încât centura de siguranță este întinsă pe corpul ocupantului. Capsa detonantă este activată cu ajutorul unui impuls electric. Presiunea ridicată ce apare în acest fel forțează deplasarea pistonului prin tubul ce este umplut cu un lichid. Această deplasare provoacă ruperea unei membrane ce închide celălalt capăt al tubului. Lichidul, un

amestec de apă cu glicerină (pentru a nu îngheța la temperaturile scăzute ce pot fi întrâlnite în mod obișnuit pe timpul iernii), este dirijat cu mare viteză spre palele rotorului turbinei prin deschiderea apărută la capătul tubului după ruperea membranei. Rotația turbinei antrenează axul rolei cu centura de siguranță în sensul înfășurării, ceea ce determină tensionarea centurii.

În cazul dispozitivului de pretensionare din figura 8.9, detonarea încărcării explozive va provoca mișcarea pistonului. Pistonul trage un cablu ce provoacă antrenarea în mișcare de rotație a rolei cu centura de siguranță. Mișcarea se face în sensul tensionării centurii de siguranță, ceea ce va imobiliza pe scaun ocupantul locului respectiv în situația unui accident.

Elemente auxiliare

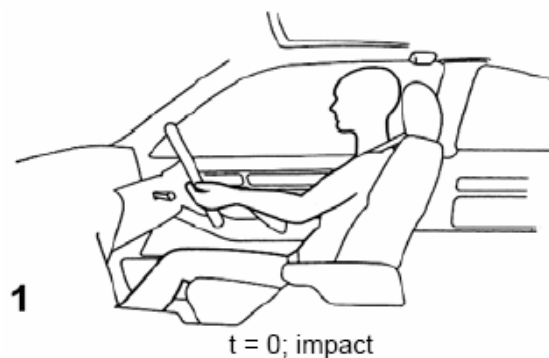
Buna funcționare a sistemului de protecție pasivă cu air-bag și dispozitiv de pretensionare a centurii de siguranță trebuie să fie asigurată și într-o serie de situații speciale ce pot apărea pe durata producerii unui accident. Din acest motiv, sunt prevăzute o serie de blocuri auxiliare.

Alimentarea de siguranță. Dacă bateria vehiculului este distrusă sau deconectată de la sistemul electric al vehiculului pe durata unui accident, se utilizează ca sursă de siguranță (temporară) un condensator ce asigură funcționarea dispozitivelor de declanșare și a circuitelor de aprindere.

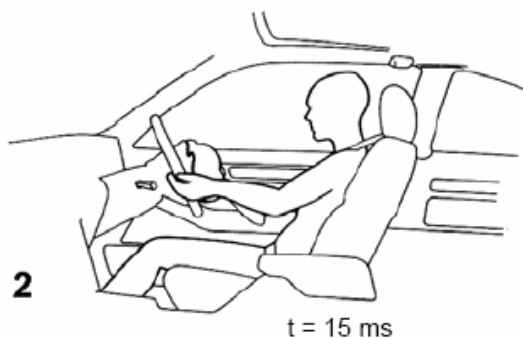
Convertorul de tensiune. Acest bloc asigură ca întreaga tensiune de funcționare necesară dispozitivului de declanșare să fie disponibilă, chiar dacă tensiunea bateriei scade sub 4V.

Funcționarea sistemului

În figura 8.10 se prezintă secvența de evenimente în cazul unui impact frontal la o viteză în jur de 35 km/h. Principalele evenimente sunt după cum urmează:



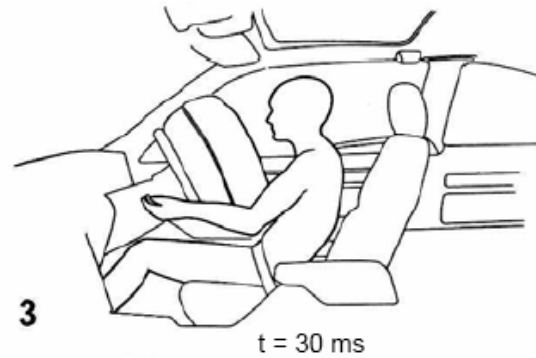
1. Conducătorul auto este în poziția normală în momentul impactului. La circa 15 ms după impact vehiculul este puternic decelerat și pragul de declanșare pentru air-bag este atins.



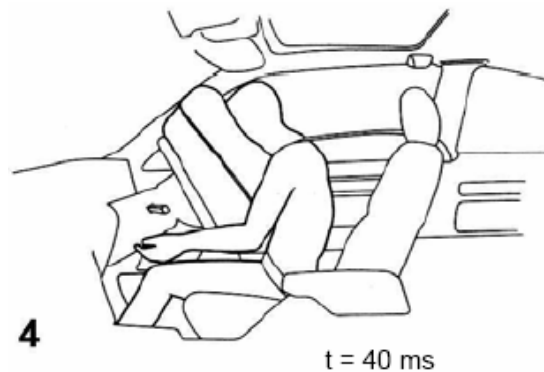
2. Electrocul de aprindere aprinde carburantul solid sub formă de pastile din dispozitivul de umflare.

Figura 8.10

3. După circa 30 ms air-bagul se despachetează, iar conducătorul auto s-a deplasat spre înainte, pe măsură ce se deformează zonele de pliery ale vehiculului. Centura de siguranță s-a blocat sau a fost tensionată, funcție de sistem.



4. La 40 ms după impact, air-bagul va fi complet umflat și impulsul conducătorului auto va fi absorbit de air-bag.



5. La circa 120 ms după impact, conducătorul auto se va mișca înapoi în scaun, iar air-bagul se va fi dezumflat în cea mai mare parte prin fantele laterale, asigurând vizibilitate pentru conducătorul auto.

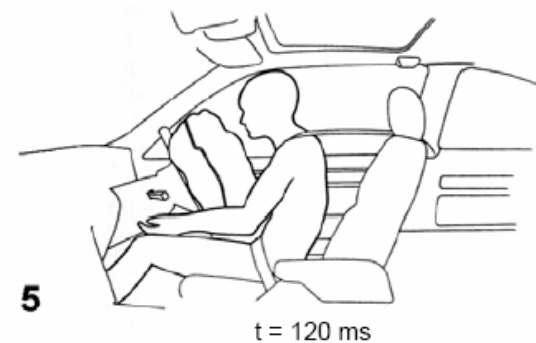


Figura 8.10

Air-bagul pentru pasagerul din dreapta funcționează într-un mod asemănător. Pentru conducător există mai multe posibilități de dispunere, dar plasarea componentelor air-bagului în centrul volanului a devenit soluția cea mai răspândită.

În cadrul acțiunii sistemului de protecție un rol deosebit de important îl au senzorii de distrugere. Senzorii de distrugere (*crash sensors*) ce folosesc comutatori mecanici sunt în mod tipic plasați cam la 40 cm de punctul de impact, ceea ce necesită folosirea mai multor senzori. În mod normal se folosesc 3 la 5 senzori pentru detecția multipunct pentru sesizarea distrugerii și comanda desfășurării air-bagurilor. Aceste dispozitive sunt detectoare de modificare a vitezei și sunt calibrate pentru a face contact atunci când schimbarea vitezei în compartimentul pasagerilor este de cel puțin 20 km/h în 40 ms, aceasta fiind schimbarea de viteză la care ocupanții locurilor din față vor lovi parbrizul.

Ca sensor de distrugere se poate folosi un sensor electronic (analogic) plasat central, într-o configurație cu punct unic de detecție. În cazul unui accelerometru plasat central, nivelul g care trebuie sesizat este mai mic decât cel pentru un sensor în punctul de impact (de tip mecanic).

Totuși, nu este necesar decât un singur dispozitiv pentru a monitoriza semnătura distrugerii. Ca urmare, pentru a supraveghea ieșirea accelerometrului și a stabili dacă s-a produs o distrugere se folosește o unitate centrală cu microprocesor.

Semnalul tipic de ieșire pentru un accelerometru plasat central pe durata unei sfărâmări la viteza de 48 km/h este arătat în figura 8.11.

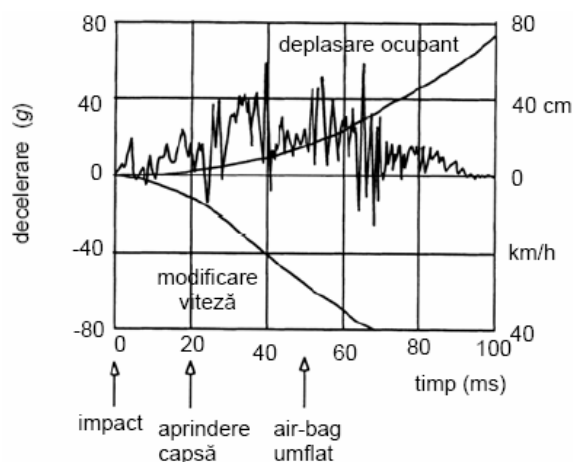


Figura 8.11

față de varianta mecanică. Acestea sunt reducerea numărului de senzori și a conexiunilor de magistrală cerute, ceea ce face sistemul plasat central mult mai eficient ca preț.

Există și o îmbunătățire în ceea ce privește acuratețea de captare și de prelucrare a semnalului cu accelerometru într-un singur punct față de senzorul mecanic. Aceasta dă un punct de declanșare mai bine definit și o performanță globală îmbunătățită pe diferite tipuri de caroserii.

Senzorii capacitivi apar ca fiind soluția tehnologică de vârf, deoarece au potențialul de a fi atractivi ca preț, îndeplinesc cerințele aplicației și prezintă posibilități de auto-test și de diagnostic. În aceste aplicații, o specificație tipică de accelerometru este ± 50 g diapazon de ieșire, acuratețe cu temperatura $\pm 5\%$, lățime de bandă din c.c. – 750 Hz și sensibilitate la axa transversală $< 3\%$. Pe timpul impactului, senzorul de sfărâmare poate fi folosit de asemenea pentru pretensionarea centurii de siguranță.

Funcție de tipul coliziunii (frontal, oblic, din spate, stâlp, rostogolire etc.), momentul declanșării trebuie calculat cu precizie, astfel ca deplasarea spre înainte permisă să nu fie depășită pe timpul cât air-bagul se umflă sau centurile de siguranță se pretensionează.

În majoritatea cazurilor, deplasarea spre înainte a pasagerilor cu un sistem air-bag este 12,5 cm (regula celor 5 inches). Pentru sistemul de pretensionare a centurii de siguranță, deplasarea acceptabilă scade la circa 1 cm. Pentru a umfla air-bagurile sunt cerute aproximativ 30 ms, iar timpul cerut pentru a realiza pretensionarea unei centuri de siguranță cu un retractor de centură activat pirotehnic este de aproximativ 10 ms.

Astfel, comenzile de declanșare trebuie date funcție de timpul în care se atinge deplasarea spre înainte maxim permisă minus timpul de activare a respectivului dispozitiv de imobilizare. Prevenirea eficientă a rănirii impune aprinderea la momentul oportun, pe baza semnalelor de accelerație sau decelerație la sfărâmare și prelucrarea lor pe baza algoritmului de discriminare a sfărâmării sau a semnalului de senzorul (electro)mecanic.

Pe baza observațiilor de mai sus, sistemul de protecție pasivă complet, cu air-bag și centură de siguranță cu pretensionare, lucrează în principiu după cum se prezintă în continuare. Dispozitivul de pretensionare a centurii de siguranță este activat dacă semnalul de la accelerometru depășește un prag S_1 , în timp ce declanșarea umflării air-bagului se produce la depășirea unui prag S_2 .

Efectul optim al centurilor de siguranță se obține atunci când acestea sunt pretensionate cât mai devreme posibil. Pasagerul purtând centura de siguranță trebuie să fie ferm fixat pe scaunul vehiculului (și în acest fel în celula nedeformabilă pentru pasageri) prin acțiunea centurii pretensionate, înainte de a se mișca spre înainte ca rezultat al unei coliziuni.

Se prezintă de asemenea decelerarea vehiculului și deplasarea ocupanților. La 48 km/h, senzorul are la dispoziție 20 ms pentru a detecta sfărâmarea și a declanșa air-bagul.

Rezultă o umflare a sacilor de aer în 50 ms după impact, moment în care ocupanții s-au deplasat circa 18 cm sau aproximativ jumătate din drumul între parbriz și punctul de contact cu sacul de aer umflat.

În timpul primelor 20 ms inițiale, decelerația poate atinge 20 g, dar valoarea medie este de circa 5 g când air-bagul este declanșat. Accelerometru plasat central poate lua una din următoarele forme: senzor piezoelectric, dispozitiv tensiometric sau senzor capacitiv.

Accelerometru plasat central are un număr de avantaje din punct de vedere al performanțelor

Din acest motiv, valoarea de prag S_1 este fixată pentru a fi suficient de scăzută și astfel pretensionarea centurii de siguranță este declanșată la o coliziune frontală cu un obiect rigid la o viteză de aproximativ 15 km/h. Valoarea de prag S_2 la care este activat air-bagul este fixat mai sus și corespunde unei ciocniri frontale cu un obstacol rigid la o viteză de circa 25 km/h. Sistemul air-bagul nu este activat dacă viteza în momentul impactului nu este de 25 km/h sau mai mare.

Alegerea acestor valori de acționare a dispozitivelor de protecție s-a făcut astfel încât air-bagul să fie umflat complet înainte ca un pasager purtând centură de siguranță să se fi deplasat suficient de mult în față pentru a fi "împachetat". Când sistemul este activat, etajele de ieșire corespunzătoare din unitatea electronică de control conduc curentul necesar aprinderii capselor care încep să lucreze în generatoarele de gaze din dispozitivele pirotehnice.

Uneori se folosește o soluție de activare a air-bagului în două trepte. Dispozitivul de umflare în două trepte este aprins (detonat) în serie.

Un tranzistor conduce curentul de aprindere pentru treapta a doua cu o întârziere de aproximativ de 10 până la 15 ms față de prima treaptă. Acest timp de întârziere asigură o umflare mai "moale" a sacului pentru pasager și o creștere mai lentă a presiunii în compartimentul pasagerilor. Creșterea lentă a presiunii în habitacul este importantă în situația în care geamurile vehiculului sunt închise și o desfășurare prea rapidă a air-bagului poate avea efecte neplăcute, cum ar fi leziuni ale urechii interne.

Unități electronice de control

Principalele caracteristici ale unităților electronice de control sunt determinate de structura de ansamblu a sistemului de protecție. O influență deosebită o are tipul de sensor pentru distrugere. În cele ce urmează se prezintă câteva soluții cu o răspândire semnificativă. Cu ocazia analizei se vor face și precizări referitoare și la alte părți componente ale sistemului.

Sisteme de sesizare electromecanice multipunct sau sisteme distribuite pentru air-bag

Un sistem distribuit de sesizare pentru air-bag sau un sistem de sesizare electromecanic multipunct constă din doi la patru senzori mecanici de discriminare a sfărâmării, montați strategic în zona de strivire a vehiculului, plus un sensor suplimentar de armare montat în compartimentul pasagerilor în interiorul unei unități electronice de control care include diagnostic, rezervă de energie și convertor de tensiune.

Închiderea cel puțin a unui sensor plasat în zona de strivire a vehiculului și închiderea simultană a comutatorului de armare din compartimentul pasagerilor conectează direct detonatoarele la bornele plus și minus ale bateriei și inițiază desfășurarea air-bagului. Dispozitivul de umflare este de tipul în două trepte.

În ceea ce privește senzorii mecanici, parametri cum ar fi forța de imobilizare, masa bilei și distanța de deplasare determină caracteristicile dinamice ale sensorului și aceștia trebuie să fie proiectați în concordanță cu comportarea la sfărâmare a vehiculului.

În mod normal, sensorul de armare din interiorul modulului de diagnostic și pentru energia de rezervă este de același tip cu senzorii de discriminare folosiți în zona de strivire.

Avantajul unor astfel de sisteme este acela că senzorii de discriminare pot fi instalați în poziții frontale de capăt unde amplitudinile mari ale accelerațiilor pot fi sesizate în primele etape ale impactului.

Dezavantajele se întind de la lipsa capacității de predicție a sfărâmării, lipsa unei indicații a sensorului pentru situația "înțepare deschisă", cost ridicat și instalare costisitoare, până la lipsa funcției de pretensionare a centurii de siguranță.

Modulul diagnosticare și rezervă de energie. Reglementările legale impun un indicator de sistem în "stare de pregătire" pentru vehicule echipate air-bag (cu excepția sistemelor integral mecanice). Aceasta înseamnă că starea de pregătire a sistemului air-bag trebuie monitorizată în mod constant.

Modulele de diagnosticare electronică și rezervă de energie realizează în mod periodic următoarele funcții de diagnostic:

Monitorizare. Această funcție de diagnostic include următoarele verificări:

- Toate buclele de aprindere pentru rezistențe prea mari sau prea mici
- Toate buclele de aprindere pentru scurgeri de curent la plusul sau minusul bateriei
- Sensorii externi de discriminare a sfărâmării pentru continuitate (există un rezistor de diagnostic în paralel cu contactul), pentru scurtcircuit la plusul sau minusul bateriei, în arborele de cabluri, sau pentru o închidere prea lungă a contactului (mai lungă de 1 s)
- Sensorul intern de armare pentru continuitate și pentru închidere prea lungă a contactului
- Ieșirea lămpii de alarmă pentru scurtcircuite la plusul sau minusul bateriei și pentru întreruperi
- Condensatorul (condensatorii) din rezerva de energie pentru corecta (corectele) tensiune (tensiuni) și capacitate (capacități).

Control. Această funcție de diagnostic include următoarele verificări:

- Bateria de alimentare pentru tensiune prea mică sau prea mare
- Tensiunea internă stabilizată (în mod normal = 5V) pentru un nivel prea mare sau prea mic
- Interfața de diagnostic pentru scurtcircuite

După faza de inițializare și conectare a alimentării, se efectuează încă o dată următoarele verificări:

- Verificare citire RAM, ROM, EEPROM
- Verificare circuit "câine de pază" (*watchdog*)
- Verificare tranzistor de ieșire pentru etajul celui de-al doilea pasager (dacă acesta există).

Fiecare tip de defect este caracterizat de un cod de defect special. În cazul în care apare un defect, codul corespunzător este stocat în EEPROM, după ce sistemul de diagnosticare a stabilit starea "defect". Există diferite moduri de evaluare a defectelor și diferite grade de toleranță la defect.

Ceasul defectelor. Soluțiile actuale pentru modulele de diagnostic și rezervă de energie prevăd un "ceas al defectelor" ce contorizează timpul total al manifestării defectelor. Există însă și module cu ceasuri ale defectelor pentru fiecare tip de defect în parte.

Capacitatea de stocare a contorului timpului de defect include în mod normal de la 50 la 100 ore cu o rezoluție de timp de 1 la 5 minute.

Înregistratorul de sfărâmăre. Secvența evenimentelor relevante ale sfărâmării cum ar fi închiderea sensorilor de discriminare, sensorului de armare, nivelul tensiunii de la baterie, tensiunea energiei de rezervă, conectarea etajelor de putere (dacă acestea există), poate fi stocată în memoria EEPROM.

Aceasta poate fi făcută sub forma de "instantanee" la momente de timp discret ale condițiilor din sistem pentru aproximativ 10 la 20 ms înainte și aproximativ 30 la 50 ms după desfășurarea air-bagului. Înregistratoarele de sfărâmăre evaluate stochează de asemenea valorile accelerațiilor și decelerațiilor pentru aceeași perioadă de timp înainte și după momentul detonării.

Operațiunea permite să se obțină informații despre energia de impact a sfărâmarilor din lumea reală.

Interfața serială de diagnostic. Conținutul EEPROM (tip de unitate, coduri de defect, timp de defect, înregistrare sfărâmare) poate fi recuperat prin intermediul unei interfețe seriale bidirecțională de diagnostic. Inițierea comunicațiilor, conceptul de diagnostic și software-ul depind de cerințele producătorului.

Rezerva de energie și convertorul de tensiune. Dacă alimentarea de la baterie se pierde în urma unei sfărâmări, funcțiile de aprindere și de stocare în înregistratorul de sfărâmare se mențin de către rezerva de energie. Această alimentare de sprijin este realizată de către unul sau mai mulți condensatori (funcționând ca acumulator de energie).

Pentru bucla de aprindere, rezerva de energie se cablează de tip SAU cu tensiunea bateriei vehiculului. În cazul unei tensiuni de baterie prea scăzută pentru porțiunea de circuit de monitorizare, rezerva de energie se conectează la intrarea regulatorului de tensiune. Timpul de supraviețuire pentru aceste componente se întinde între 0,1 și 1 s.

Există sisteme cu o rezervă de energie individuală pentru fiecare buclă de aprindere precum și pentru circuitul de monitorizare. În astfel de sisteme nu există nici o pierdere a funcțiilor pentru restul buclelor de aprindere și a înregistratorului de sfărâmare dacă una din bucle este scurtcircuitată în timpul accidentului și ca urmare condensatorul energiei de rezervă a fost descărcat.

Un convertor ridicător de tensiune păstrează rezerva de energie la tensiuni nominale mai mari decât tensiunea bateriei (de exemplu, $V_{\text{REZERVĂ}} = 22 \text{ V}$ până la 35 V).

Sisteme cu sesizare electronică într-un singur punct sau sisteme air-bag central

În cazul sistemelor cu sesizare electronică într-un singur punct (sau sisteme air-bag central), modulul electronic de control este plasat în compartimentul pasagerilor. Nu există senzori externi în zona de strivire. Circuitele electronice includ senzori de accelerație, algoritmi de prelucrare a semnalelor, diagnostic, etaje de ieșire, rezervă de energie și convertor de tensiune.

Evoluție istorică. Producția unităților air-bag cu sesizare electronică într-un singur punct a început în anul 1980. Acest prim concept utiliza un sensor de accelerație tensiometric și un comutator cu mercur ca sensor de "armare" (de "siguranță"). Prelucrarea semnalului se realiza printr-o integrare analogică a semnalului de accelerație, din care rezultă o valoare raportată la schimbarea de viteză pe durata impactului, așa-numita valoare Δv .

Dacă Δv depășește un prag fixat specific vehiculului și contactul cu mercur s-a închis, atunci dispozitivele de reținere ale sistemului sunt declanșate. Primele sisteme cuprindeau trei părți componente de tip electronic: sensor, circuit analogic și unitate de diagnostic; unitate convertor de tensiune; unitate rezervă de energie.

La începutul lui 1987, a intrat în producție un alt sistem analogic de integrare care consta din două părți componente de tip electronic: sensor și unitate de diagnostic; convertor de tensiune și unitate rezervă de energie. Acesta a fost primul sistem de sensor pentru air-bag bazat pe folosirea unui accelerometru piezoelectric și conține un microcontroler numai pentru funcții de monitorizare.

Sunt incluse de asemenea stocarea codurilor de defect, ceasul defectelor și înregistratorul sfărâmării într-un EEPROM. Unitatea a fost proiectată să asigure declanșarea air-bagului pentru conducătorul auto, precum și a dispozitivelor de tensionare a centurilor de siguranță de la conducătorul auto și de la pasagerul din dreapta.

Mijlocul lui 1987 marchează începerea producției a primei unități electronice cu sensor inclus pentru air-bag folosind algoritm digital de sesizare într-un singur punct. Cu acest sistem,

toate funcțiile pot fi integrate într-o singură cutie. Figura 8.12 prezintă schema bloc a acestei unități.

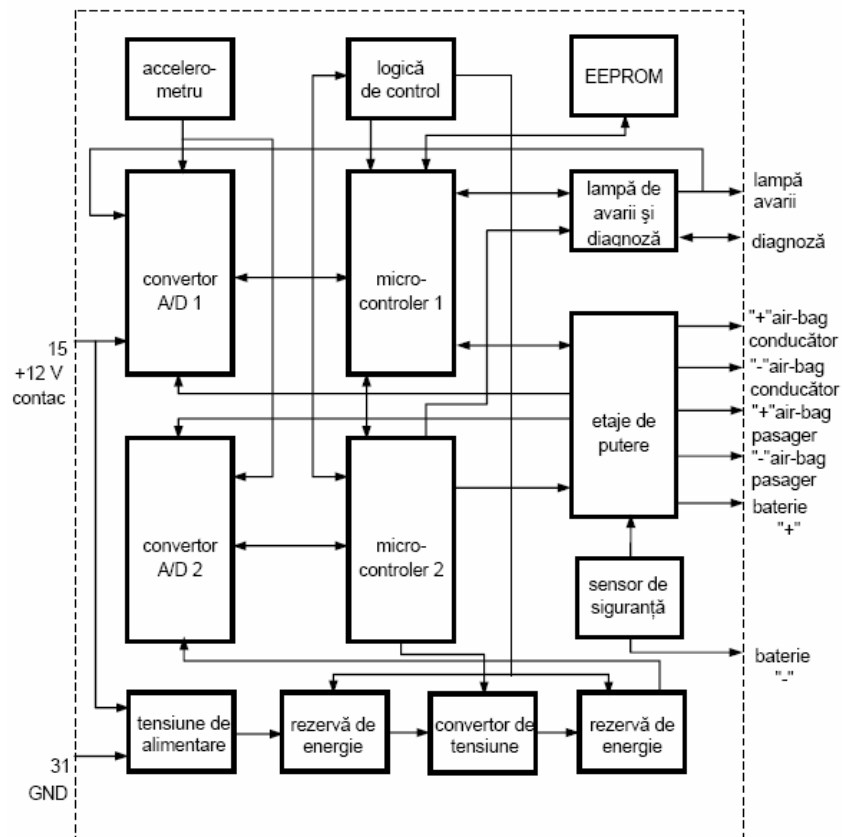


Figura 8.12

Pentru redundanță împotriva desfășurării inoportune, această unitate a fost proiectată cu două microcontrolere (procesare paralel) și conține un comutator cu mercur, ca sensor de armare. În 1989, comutatorul cu mercur a fost înlocuit cu un comutator reed (comutator ermetic cu gaz inert).

Sisteme curențe. Caracteristicile esențiale ale unității de control electronic într-un singur punct pentru air-bag sunt legate de accelerometru, algoritmul de sesizare digitală într-un singur punct, gradul de disponibilitate a funcției, siguranța împotriva declanșării accidentale și gradul de toleranță la defect a sistemului.

Accelerometre electronice

Accelerometre piezoelectrice. Pentru aplicații în domeniul sistemelor de protecție pasivă, accelerometrele obișnuite au fost îmbunătățite și sunt rezistente la interferențele electromagnetice.

Există accelerometre cu canale duale care furnizează semnale de ieșire de mod diferențial și oferă posibilitatea de a proiecta unitățile electronice de control air-bag în structură integral electronică, care înlătură necesitatea folosirii sensorului mecanic de armare netestabil. Semnalele diferențiale de la sensor permit unității să facă distincția față de semnalele de mod comun ce pot rezulta din perturbații electrice.

Diagnoza funcției electrice a acestor senzori poate fi efectuată după inițializare și astfel se pot monitoriza siguranța funcționării și starea "gata de lucru" a sistemului. Alte accelerometre piezoelectrice conțin elemente sensibile cu deviere mecanică (de exemplu dispozitive de acționare piezoelectrice) pentru verificarea integrității sistemului.

Accelerometre micromecanice (micromashed). Accelerometrele micromecanice pot fi montate direct pe placa de circuit imprimat. Circuitele de interfață necesare sunt incluse pe același chip cu accelerometrul monolitic de tip capacitiv.

Se garantează o înaltă liniaritate prin funcționarea în buclă închisă. Se realizează de fapt o structură de traductor cu compensare. Aceasta înseamnă că traversa mobilă este întotdeauna centrată pe baza forțelor electrostatice de o tensiune de reacție proporțională cu devierea (acelerația/ decelerația).

Domeniul de măsurare este $\pm 50 g$. Pentru auto-test, traversa funcțională este deviată în mod electrostatic (și nu prin acțiunea forțelor mecanice de inerție ca în funcționarea normală).

Algoritm de sesizare într-un singur punct. În mod curent se folosesc în practică diferite tipuri de algoritmi digitali de sesizare a sfârșimării. Rata de eșantionare a accelerației variază între 0.5 și 1 ms.

Manipularea matematică a semnalului de sfârșimare (diferențiere, înmulțire, integrare) și varierea pragului de declanșare prin mijloace software permit o discriminare timpurie a diferitelor tipuri de impact (frontal, oblic, dezaxat, stâlp, încălecare). Mai mult, se poate aplica modelul corespunzător de predicție pentru deplasarea spre înainte și pe această bază se determină punctul de declanșare corect.

Algoritmii digitali de sesizare cresc posibilitatea atât de a detecta sfârșimări-problemă, cum ar fi cele cu încălecare cu stricăciuni obsevabile, cât și de a distinge între impacturi ce necesită desfășurare și cele ce nu impun desfășurare. Aceasta reprezintă o îmbunătățire clară față de sistemele cablate hardware cu integrare analogică.

Abordarea digitală permite programarea "sfârșit de linie" (*end of line*) a parametrilor de sensibilitate pentru diferite modele de automobile. Acești parametri de sensibilitate, ce particularizează tipul vehiculului, sunt programați în memoria EEPROM a microcontrolerului, ceea ce permite folosirea aceluiasi ROM cu mascare cu restul programului, comun pentru diferite tipuri de automobile.

Module electronice de control. Unitățile de control mai vechi au folosit un sensor de accelerație cu un singur canal și un sensor de armare în serie cu etajele de ieșire. Astfel de unități sunt un amestec de control electronic și mecanic.

Prima unitate de control de sesizare într-un singur punct *complet electronică* a intrat în producție la mijlocul anului 1992. Acest modul încorporează un accelerometru electronic cu două canale și nu folosește nici un comutator mecanic de siguranță. Figura 8.13 prezintă schema bloc a modului electronic de control.

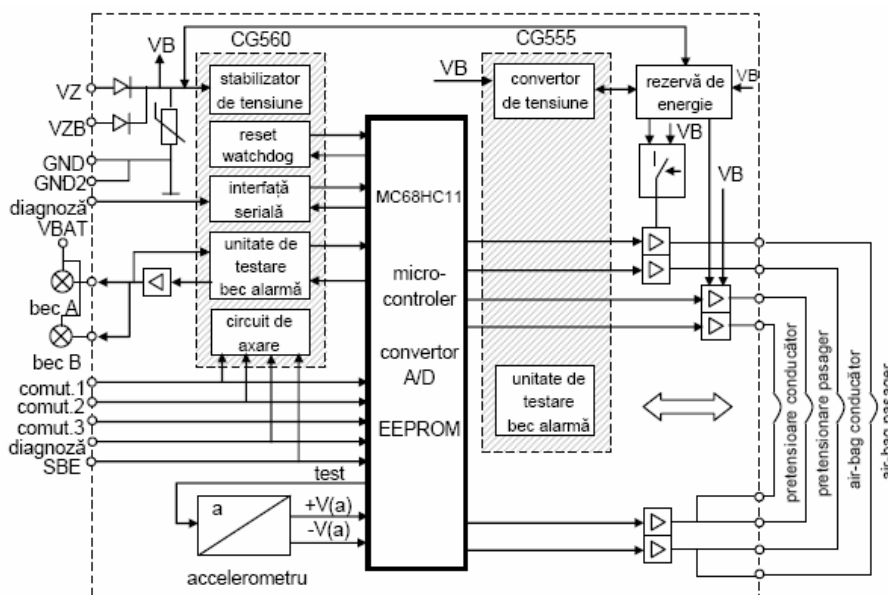


Figura 8.13

Aprindere în curent alternativ. În mod normal, capsele sunt detonate cu un impuls de curent continuu (aprindere în curent continuu). Prima unitate cu aprindere în curent alternativ a intrat în producție la mijlocul lui 1993. Cu aprindere în curent alternativ, există un condensator în interiorul conectorului capsei, în serie cu capsă. Acest condensator face aprinderea posibilă numai cu curent alternativ (aprindere în curent alternativ).

Aprinderea în curent alternativ a fost introdusă din cauza defectelor care aveau loc în periferia vehiculului (în afara unității electronice de control). Defectele tipice constau în scurtcircuitate în modulul air-bagului (capsă + dispozitiv de umflare + sac + capac) provocate de metale (așchii), defecte în piesa de contact pentru air-bagul conducătorului auto (de tip arc de ceas) și scurtcircuitate în arborele de cabluri. Capsele sunt foarte sensibile la impulsuri scurte de curent (3A pentru 60 μ s pot fi suficienți pentru a detona încărcătura pirotehnică de la air-bag).

Principalul beneficiu al aprinderii în curent alternativ este imunitatea la tensiunile de curent continuu de pe automobil, cu și fără unitatea centrală, precum și imunitatea la desfășurări accidentale cu toate tipurile de defecte ale unității centrale.

Pericolul declanșării false se reduce întrucât etajele de ieșire în contratimp pot comanda aprinderea numai dacă sunt activate de către microcontroler cu secvența asincronă de impulsuri corectă. O perturbație a microcontrolerului care să producă în mod accidental o astfel de secvență de impulsuri este foarte puțin probabilă.

Un dezavantaj al sistemului de aprindere în curent alternativ este diagnosticarea buclei de aprindere, mult mai complexă pentru unitatea centrală. Diagnosticarea trebuie să monitorizeze atât rezistența cât și capacitatea în buclă.

Accelerometru micromecanic

După cum s-a menționat în paragraful dedicat unităților electronice de control, una din soluțiile cele mai performante ale sistemelor de protecție pasivă este legată de utilizarea unui traductor capacitiv realizat cu micromecanică integrată în tehnologie monolitică.

În cele ce urmează se prezintă un accelerometru de tip monolitic cu condiționare de semnal ADXL 50 realizat de firma Analog Devices.

Caracteristici generale

Principalele caracteristici ale accelerometrului ADXL 50 sunt următoarele:

- **Sistem complet de măsurare a accelerațiilor pe un singur circuit integrat monolitic**
- **Domeniul de măsurare: ± 50 g**
- **Autotest în sistem cu comandă digitală**
- **O singură tensiune de alimentare: de + 5 V**
- **Sensibilitate precalibrată la 19 mV/g**
- **Amplificator-buffer intern pentru utilizator folosit la ajustarea sensibilității și a nivelului zero-g**
- **Răspuns în frecvență: curent continuu până la 10 kHz**
- **Supraviețuire la șocuri de nivel ridicat > 2000 g, nealimentat**
- **Alte versiuni disponibile: ADXL 05 (± 5 g)**

Descriere generală

ADXL 50 este un sistem complet de măsurare a accelerației pe un singur circuit integrat. Pentru a măsura accelerații de până la ± 50 g sunt necesare trei condensatoare exterioare și o tensiune de alimentare de + 5V.

Sensibilitatea dispozitivului este ajustată în fabrică la valoarea de 19 mV/g, rezultând un diapazon de ieșire ce oscilează între $\pm 0,95$ V pentru o accelerație aplicată de ± 50 g. Nivelul de ieșire de zero g este de + 1,8 volți.

O funcție de auto-test, compatibilă TTL poate deflecta pe principiu electrostatic grinda sensorului, în orice moment, pentru a verifica funcționalitatea dispozitivului.

Pentru confort în utilizare (ca avantaj), ADXL 50 are un amplificator tampon (buffer) intern cu un diapazon de ieșire de la 0,25 la 4,75 V. Acesta poate fi folosit pentru a seta un nivel de zero-g și a schimba sensibilitatea de ieșire prin utilizarea rezistențelor externe. Pentru a asigura 1 sau 2 poli de filtrare, rețelei rezistive i se pot adăuga capacități externe. Interfațarea cu majoritatea convertoarelor analog-digitale sau cu microcontrolere se poate face fără componente active externe.

ADXL 50 folosește o metodă de măsurare capacitivă. Tensiunea de ieșire analogică este direct proporțională cu accelerația și este în întregime scalată, referită și compensată în raport cu temperatura, rezultând o înaltă acuratețe și liniaritate în întreg domeniul de temperaturi. Circuitele interne implementează o buclă de control cu urmărire care îmbunătățește acuratețea oricăror variații mecanice ale sensorului.

ADXL 50 este disponibil într-o capsulă metalică cu 10 pini tip TO-100, specificată pentru un domeniu de temperaturi de la 0 °C la + 70 °C (comercial) și - 40 °C la + 85 °C (industrial). La cerere se obțin dispozitive specificate pentru funcționarea în domeniul de temperaturi specific pentru automobile, de la - 40 °C la + 105 °C.

ADXL 50 este alimentat de la o tensiune standard de + 5V și este robust, putând fi folosit în medii dure, industriale și automobile și poate suporta (supraviețui la) șocuri mai mari de 2000 g, în situație de circuit nealimentat.

Funcționare

ADXL 50 este un sistem complet de măsurare a accelerației pe un singur circuit integrat monolitic. El conține un sensor din polisiliciu tip microprelucrare (micromecanică) și un circuit de condiționare a semnalului. ADXL 50 este capabil să măsoare atât accelerații pozitive cât și negative, până la un nivel maxim de $\pm 50g$.

Figura 8.14 prezintă o vedere simplificată a sensorului de accelerație din ADXL 50 în stare de repaus. Structura completă a sensorului constă din 42 celule unitare și o grindă comună. Sensorul capacitiv diferențial constă din plăci fixe independente și o placă mobilă "plutitoare" ce deviază ca răspuns la schimbările din mișcarea relativă.

Cei doi condensatori sunt conectați serie, formând un divizor capacitiv, cu o placă centrală mobilă. O tehnică de echilibrare a forțelor se opune oricărei deviații reziduale datorată accelerației și reface poziția de 0g a sensorului (pe principiul traductorului cu compensare).

Figura 8.15 prezintă răspunsul sensorului la o accelerație aplicată.

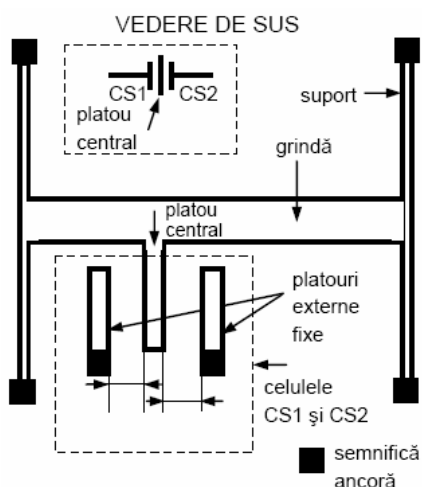


Figura 8.14

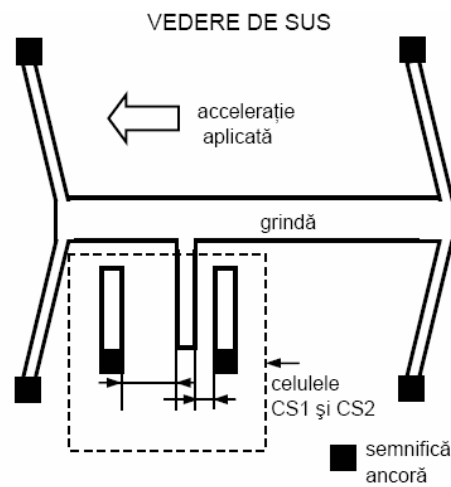


Figura 8.15

accelerării și se formează un semnal de ieșire care variază în mod direct cu accelerația aplicată.

Lățimea benzii buclei corespunde timpului cerut pentru a aplica reacția de la sensor și este fixată de condensatorul C1. Răspunsul buclei este suficient de rapid pentru a urmări modificările în nivelul g până la și depășind 1 kHz. Circuitul are capacitatea de a menține un răspuns plat în întreaga bandă de trecere, păstrând sensorul virtual fără mișcare.

În esență, aceasta elimină orice neliniaritate sau efecte de îmbătrânire datorate constantei elastice mecanice a grinzii sensorului, în comparație cu un sensor în buclă deschisă.

Posibilitatea de ajustare a factorului de scală și a nivelului de decalaj la $0g$ în întreg domeniul este asigurată de un amplificator tampon neconectat. O referință internă furnizează necesarul de tensiuni stabilizate pentru alimentarea chip-ului și $+3,4$ V pentru utilizare externă. Dimensiunile mecanice reduse ale sensorului, permit acestuia să fie deflectat electrostatic pe întreaga scală atunci când funcționează cu o tensiune de alimentare de $+5V$.

Prin aplicarea unui nivel logic "high" TTL ($> +2,0$ V) la pinul de auto-test al circuitului se inițiază un auto-test, ceea ce va determina ca chip-ul să aplice o anumită tensiune de deflexie pe grindă, provocându-se astfel o forță de o valoare egală cu cea de la $-50g$ (capătul negativ de scală al dispozitivului). De notat faptul că toleranța de ± 10 % a circuitului de auto-test nu este proporțională cu eroarea de sensibilitate.

Semnalul de ieșire a preamplificatorului din ADXL 50 este de $1,8$ V la o accelerație $0g$, cu un domeniu de ieșire de $\pm 0,95$ V pentru o intrare de $\pm 50g$, adică 19 mV/g. Pe chip a fost inclus amplificator tampon, pentru a spori capacitatea utilizatorului de a decala nivelul semnalului de $0g$ și de a amplifica și filtra semnalul.

Accesul este asigurat atât la intrarea inversoare, cât și la ieșirea acestui amplificator, prin intermediul pinilor V_{OUT} și V_{IN-} , în timp ce intrarea neinversoare este conectată intern la o tensiune de referință de $+1,8$ V. Tensiunea de $+1,8$ V este obținută de la un divizor rezistiv conectat la referința de $3,4$ V.

Funcția auto-test

Una din caracteristicile esențiale extrem de utilă în aplicațiile cu sisteme pasive de siguranță de tipul air-bag și pretensionarea centurilor de siguranță se referă la posibilitatea de auto-testare a sensorului de distrugere, care în cazul variantelor mai noi este de fapt un accelerometru.

Intrarea digitală auto-test este compatibilă atât cu semnalele TTL cât și CMOS. Un "1" logic aplicat la intrarea auto-test (ST) va determina aplicarea unei forțe electrostatice sensorului, astfel încât acesta să se abată până la aproximativ ieșirea negativă de capăt de scală a dispozitivului. Ca atare, o funcționare corectă a accelerometrului va răspunde prin inițierea unei schimbări la ieșirea V_{PR} de aproximativ de -1 V.

Dacă ADXL 50 este supus unei accelerații când se inițiază un auto-test, ieșirea V_{PR} va fi egală cu suma algebrică a celor două înțrări. Ieșirea va rămâne la nivelul de auto-test atât timp cât intrarea ST rămâne la nivel ridicat și va reveni la nivelul de $0g$ când tensiunea ST este îndepărtată.

Un semnal de ieșire auto-test care variază cu mai mult de ± 10 % de la valoarea nominală de schimbare de $-1,0$ V indică o grindă defectă sau o problemă de circuit, cum ar fi o componentă sau un pin întrerupte sau un scurtcircuit.

Funcționarea amplificatorului tampon din ADXL 50 la câștiguri >2 , pentru a asigura diapazoane mai mici de $\pm 50g$, poate provoca o situație în care ieșirea de auto-test să supracomande tamponul până la saturație. Totuși, funcția de auto-test încă mai poate fi folosită în acest caz, dar schimbarea nivelului de semnal la ieșire trebuie atunci să fie observată la pinul V_{PR} și nu la ieșirea tamponului.

De notat că valoarea diferenței (variației) la auto-test nu este o indicație exactă a sensibilității (mV/g) pentru ADXL 50 și ca urmare nu poate fi folosită pentru a calibra dispozitivul sau pentru a evalua eroarea de sensibilitate.

În aplicații critice, este uneori necesar să se urmărească modificările tensiunii de polarizare $0g$ de la valoarea sa inițială. O modificare a nivelului de polarizare de $0g$ indică faptul că

nivelul de 0g s-a deplasat, ceea ce poate autoriza setarea unui cod de defect sau acționarea unui sistem de alarmă.

Perspective de dezvoltare

În figura 8.17 se prezintă o soluție de protecție cu air-baguri și centuri care se folosește pe automobile Mercedes E-Class, producție anul 2002.

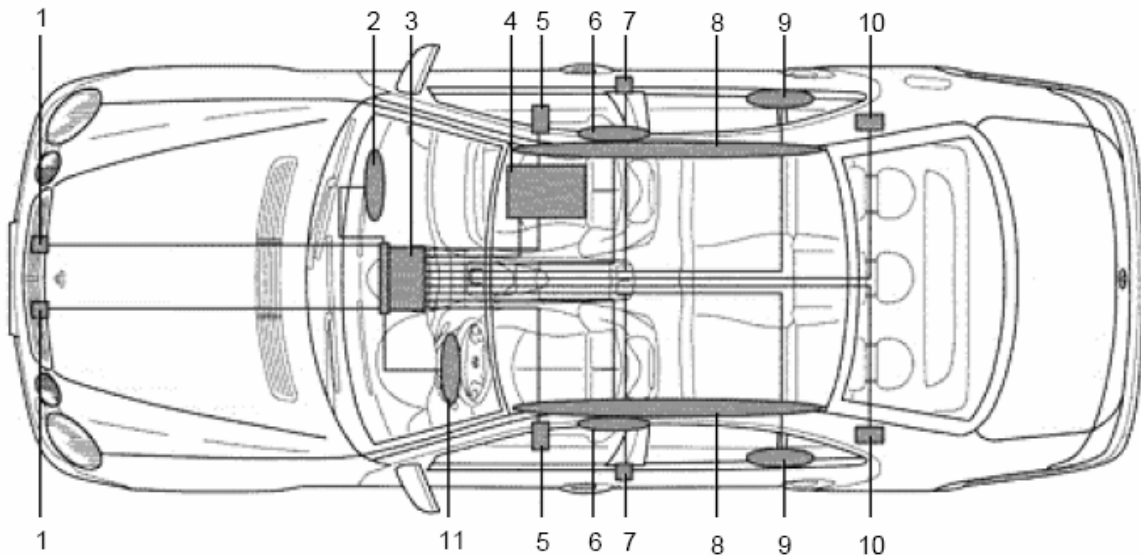


Figura 8.17

- 1 – senzori frontali;**
- 2 – air-bag în două trepte pasager față;**
- 3 – dispozitiv de declanșare cu sensor;**
- 4 – recunoaștere prezență pasager, cu clasificare greutate și recunoaștere automată scaun pentru copil;**
- 5 – sensor suplimentar pentru air-bag lateral (sidebag);**
- 6 – sidebag în scaun;**
- 7 – pretensionare cu limitator de forță adaptiv;**
- 8 – air-bag geamuri (windowbag);**
- 9 – sidebag locuri spate;**
- 10 – pretensionare cu limitator adaptiv spate;**
- 11 – airbag în două trepte conducător**

Producția în domeniu se orientează spre air-baguri așazis "inteligente". În acest caz umflarea se va face de o manieră mai precisă și progresivă. Sacul gonflabil al viitorului va fi asociat cu noi senzori cu ultrasunete sau în infraroșu și cu senzori de greutate care vor fi capabili de a controla umflarea prin luarea în considerare a unor factori cum ar fi de exemplu constituția și poziția pe scaune a ocupanților.

În privința generatoarelor de gaz, cercetările se orientează spre utilizarea unor combustibili solizi fără azotură de sodiu, care este, după cum s-a văzut, un produs extrem de toxic ce pune probleme dificile de protecție a mediului. Tehnologia generatoarelor de gaz fără azotură de sodiu ce oferă un randament superior (din punctul de vedere al volumului de gaz generat) se pare că ar fi deja pusă la punct. Una dintre variantele studiate, cu reale

perspective, este generatorul cu oxigen și hidrogen. În urma reacției chimice exoterme rezultă apă, evident fără probleme de toxicitate sau stabilitate chimică.

Din punct de vedere al cotelor de piață, cel mai mare proiectant și producător în domeniul air-bagurilor este societatea Autoliv, filială a grupului suedez Electrolux. Autoliv este de asemenea lider european în domeniul centurilor de siguranță. Pentru stabilirea elementelor logice specifice fiecărui tip de automobil necesare controlului sistemului de protecție, Autoliv dispune de 9 centre de cercetare.