

DETECȚIA VEHICULELOR CU AJUTORUL BUCLELOR INDUCTIVE

Generalități

Detecția vehiculelor are o importanță deosebită în cadrul sistemelor de reglare a traficului, deoarece furnizează informația de bază necesară pentru configurarea sistemului de semnalizare rutieră. Informația poate fi obținută static, în sensul culegerii datelor de trafic pe o anumită perioadă și apoi includerea acestora în calculele necesare pentru determinarea timpilor de semaforizare. Datele sunt, de obicei, culese pe parcursul unei perioade de cel puțin o săptămână, 24h/zi, pentru a putea obține planuri de semaforizare care să gestioneze cât mai bine fluxurile de vehicule din diferite perioade ale zilei.

Informația obținută dinamic, reflectând în orice moment numărul de vehicule care utilizează rețeaua rutieră, este utilizată în cadrul sistemelor adaptive de management al traficului, în care semaforizarea nu se mai bazează pe valori prestabilite, ci timpii de semaforizare se modifică continuu în funcție de volumele reale de trafic înregistrate.

Detecția vehiculelor și a condițiilor de trafic se poate realiza prin dispozitive plasate pe suprafața drumului, în pavaj sau sub pavaj, sau montate în lungul drumului.

Dispozitivele încastate în pavaj, utilizate pentru detectarea vehiculelor, prezintă o serie de dezavantaje, cum ar fi: blocarea traficului pentru lucrările de montare și întreținere, posibile probleme în funcționare în momentul deteriorării pavajului.

Buclele magnetice inductive reprezintă tipul de detector încastat în pavaj cel mai des utilizat. Ele generează un câmp electromagnetic, care este perturbat la trecerea vehiculelor a căror prezență o detectează în acest mod. Forma și mărimea acestora diferă de la caz la caz, dimensiunea uzuală fiind de 1x1,5m.

Componentele principale ale detectoarelor de tip buclă inductivă sunt una sau mai multe spire dintr-un conductor izolat amplasat într-un locaș din drum, un cablu de alimentare care face legătura cu o cutie de joncțiune situată pe marginea drumului, un dulap de echipamente și unitatea electronică din interior care este conectată la sursa de alimentare.

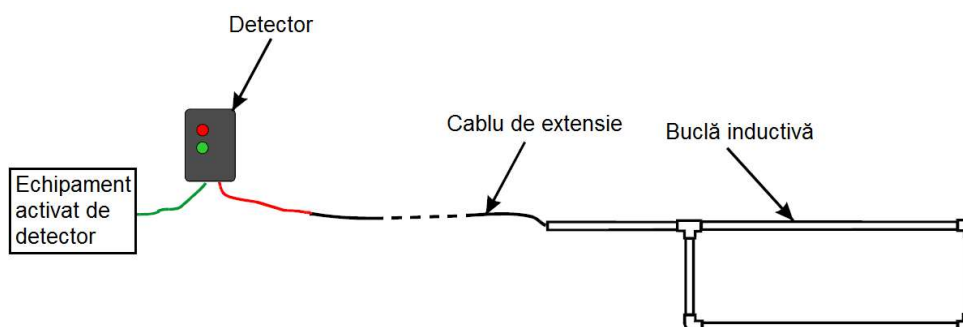


Figura 1. Componentele unui sistem de detecție cu buclă inductivă

Cu ajutorul buclelor inductive se realizează detecția trecerii vehiculelor, a prezenței acestora, numărării sau determinării gabaritului. Determinarea vitezei unui vehicul se poate realiza cu ajutorul unei perechi de bucle situate la o anumită distanță, cunoscută, în același ax al drumului sau cu o singură buclă inductivă care utilizează un algoritm de măsurare care ține cont de lungimea buclei, lungimea medie a vehiculului, timpul de staționare în zona activă a detectorului și numărul de vehicule numărate. Noile versiuni de detectoare buclă suportă și clasificarea vehiculelor, prin utilizarea unor frecvențe superioare de lucru.

Pentru monitorizarea întregii direcții de circulație (a tuturor benzilor), se poate utiliza un montaj cum este cel prezentat în figura de mai jos.

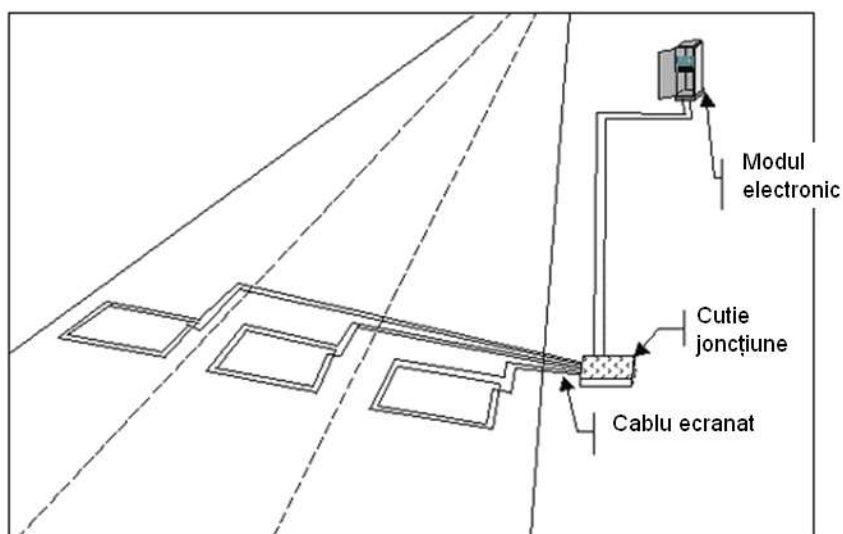


Figura 2. Sistem de monitorizare a unei artere rutiere bazat pe bucle inductive



Figura 3. Dispunerea buclelor inductive în carosabil

Principiu de funcționare

Bucla este formată din mai multe spire realizate cu un conductor neîntrerupt care intră și iese prin același punct. Cele două capete ale firului buclei sunt conectate la un cablu de extensie, care la rândul său se conectează la detector. Detectorul

alimentează bucla provocând astfel un câmp magnetic în zona ei, iar aceasta va rezona la o frecvență constantă (uzual între 10kHz și 200kHz), monitorizată de către detector. O frecvență de bază este stabilită atunci când nu există nici un vehicul peste buclă (modul de calibrare al detectorului). Atunci când un obiect metalic mare, cum ar fi un vehicul, se deplasează pe deasupra buclei, frecvența de rezonanță va crește. Această creștere a frecvenței este detectată și, în funcție de construcția detectorului, este determinată deschiderea sau închiderea un releu precum și trimiterea eventual a unui impuls de detecție. Releul va rămâne închis până când autovehiculul părăsește bucla, iar aceasta se întoarce la frecvența de rezonanță de bază.

Principiul de funcționare al buclei inductive se bazează pe curenții turbionari (curenți Foucault; eng. Eddy Currents). În baza legii inducției, într-o piesă bună conductoare de electricitate se induc curenți turbionari prin câmpuri magnetice variabile sau în mișcare realizate cu ajutorul unei bobine de excitație.

Când un vehicul intră în zona de interacțiune cu câmpul magnetic alternativ produs de bucla inductivă, acesta induce în părțile metalice ale vehiculului curenți turbionari care la rândul lor produc un câmp magnetic alternativ opus câmpului generat de buclă, având ca efect micșorarea inductanței buclei.

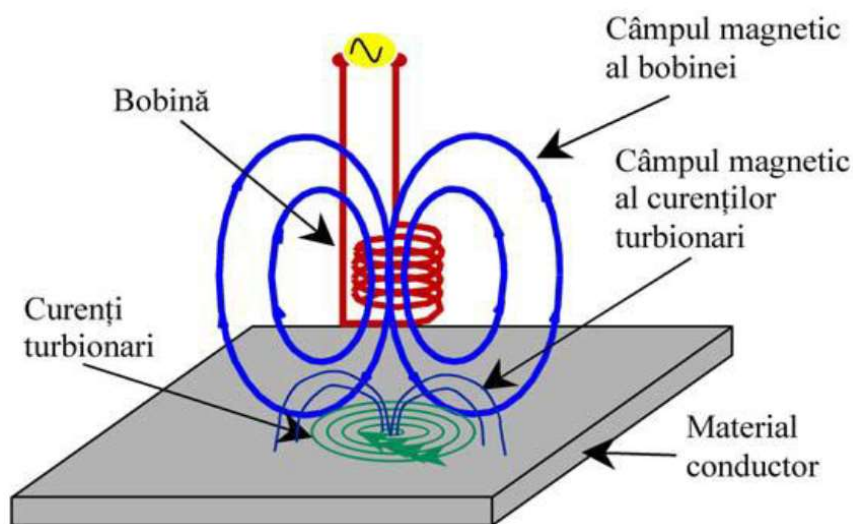


Figura 4. Producerea curenților turbionari

Formula de calcul a inductanței buclei este:

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A F'}{l}$$

unde: μ_r – permeabilitatea relativă a materialului

μ_0 – $4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m

N – numărul de spire

A – aria secțiunii buclei

l – lungimea buclei

F' – factor de corecție datorat neuniformității fluxului magnetic prin buclă

Există o concepție greșită că detectarea unui vehicul se bazează pe masa metalică a acestuia. Detectarea se bazează pe dimensiunea suprafeței metalice de deasupra buclei, datorită efectului pelicular (eng. Skin effect. Efectul pelicular

reprezintă o repartitie neuniformă a densității de curent pe secțiunea unui conductor străbătut de curent alternativ. Câmpul magnetic variabil produs de curentul alternativ dă naștere unor curenți turbionari, care la suprafața conductorului au același sens, iar în interior sens contrar. Curentul rezultat are densitate mare la suprafață și densitate mică în interior.). Cu cât suprafața metalului, din același plan ca și bucla, este mai mare cu atât frecvența de rezonanță va crește mai mult. În figura 5 se poate vedea un exemplu în care o foaie de metal este detectată cu ușurință atunci când se află în același plan ca și bucla, sau devine imposibil de detectat atunci când este perpendiculară pe buclă.



Figura 5. Detectarea unui obiect în funcție de dimensiunile acestuia

Montarea și utilizarea

Buclele inductive sunt de două tipuri: bucle preformate și bucle montate prin tăiere. Buclele preformate se montează în interiorul unor țevi de PVC, înainte de turnarea asfaltului, iar cele montate prin tăiere acolo unde pavajul este deja existent. În cazul acestora din urmă, colțurile dreptunghiului săpat în asfalt se taie la 45° pentru a nu forța cablurile buclei prin îndoire la 90°. Pentru ambele tipuri de bucle nu se recomandă poziționarea lor la o adâncime mai mare de 5cm.

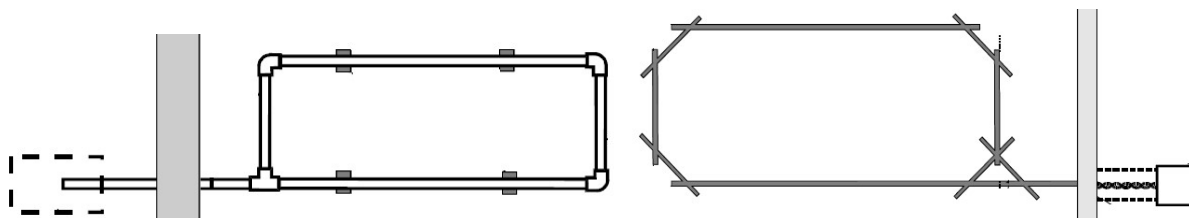


Figura 6. Buclă inductivă preformată / Buclă montată prin tăiere

Bucla inductivă se conectează la detector printr-un cablu de extensie. Acesta este format din două conductoare răsucite între ele, de obicei de lungime maximă 10m, și trebuie sudat de conductoarele buclei.

Marea majoritate a detectoarelor furnizează semnalul de ieșire prin intermediul unui releu care se închide sau se deschide. Există totuși două variante de utilizare a unui releu: fie acesta stă închis/deschis cât timp bucla este ocupată, fie stă închis/deschis pentru o perioadă de timp fixă (funcționare în impuls).

Cele mai multe detectoare de vehicule au setări reglabile pentru sensibilitate. În cazul în care nu sunt detectate toate vehiculele atunci sensibilitatea este setată prea mică. Dacă detectorul furnizează detecții false, acesta poate fi setat prea sensibil.

Înălțimea maximă de detecție este de aproximativ 2/3 din lungimea laturii scurte a buclei. Cel mai eficient mod de a crește sensibilitatea este de a mări latura scurtă a buclei. Totuși, o buclă prea mare poate provoca o altă problemă. În cazul în

care vehiculele se mișcă încet, bară la bară, un sistem care este prea sensibil poate să nu fie în măsură să identifice golurile dintre vehicule, nereușind să le detecteze astfel pe toate.

O altă concepție greșită despre sensibilitatea buclei este faptul că creșterea numărului de spire din buclă va crește sensibilitatea. Creșterea sau descreșterea numărului de spire nu afectează sensibilitatea, ci stabilitatea.

Frecvența de rezonanță a buclei se va modifica odată cu schimbările de mediu. Ca rezultat cele mai multe detectoare sunt proiectate să se adapteze în mod constant la această schimbare lentă a frecvenței de-a lungul timpului. Scopul detectorului este de a detecta schimbări rapide în frecvență. Cu toate acestea, buclele inductive și detectoarele sunt sensibile la temperatură. Când temperatura buclei crește, frecvența va scădea, iar opusul este valabil pentru detector (când temperatura detectorului crește frecvența va crește). În cazul în care temperatura, fie a buclei, fie a detectorului, cresc sau scad prea repede, se vor produce detecții false. Este puțin probabil ca bucla îngropată în pavaj să își schimbe temperatura rapid, cu toate acestea montarea detectorului în locul greșit poate provoca o astfel de problemă.

Detectorul de tip FG1

Este un sistem de recunoaștere inductivă a vehiculelor, cu următoarele caracteristici:

- transformator pentru izolație între buclă și detector;
- calibrarea automată a sistemului, după pornire;
- reechilibrare continuă în cazul derivei de frecvență;
- sensibilitate ce nu depinde de inductivitatea buclei.



Figura 7. Detector FG1

Sensibilitatea detectorului poate fi modificată cu ajutorul a două comutatoare, în patru moduri: mică, medie-mică, medie-mare și mare.

SENSITIVITY		DIP "s"
1	LOW	
2	MEDIUM LOW	
3	MEDIUM HIGH	
4	HIGH	

Figura 8. Detector FG1

Timpul de reținere al stării de ocupat este un parametru ce poate fi setat cu ajutorul unui comutator între două valori: 5 minute sau infinit. Dacă se alege valoare de 5 minute, după expirarea acestora detectorul va trece în starea de liber și se va calibra în mod automat. Timpul de reținere al stării de ocupat începe din momentul ocupării buclei.

HOLD TIME	DIP "h"
5 min.	
∞	

Figura 9. Detector FG1

La fiecare pornire a detectorului are o loc o calibrare automată. O resetare urmată de o calibrare se pot obține prin schimbarea setării timpului de reținere.

Detectorul are două ieșiri care semnalizează prezența unui vehicul: un releu (Releul 1) pentru un semnal de tip continuu și un releu (Releul 2) pentru un semnal de tip impuls. Modul de operare pentru releul 1 poate fi setat cu ajutorul unui comutator între două valori: normal deschis sau normal închis.

Funzion. Relais 1	DIP "r"
N.C. contact	
N.O. contact	

Figura 10. Detector FG1

În ceea ce privește frecvența de operare se poate alege între două valori, prin conectarea corespunzătoare a buclei la detector în două din cele trei conexiuni disponibile.

Frequency	Position
HIGH	
LOW	

Figura 11. Detector FG1

Starea releelor în funcție de modul de operare al detectorului se poate vedea în figura 12.



Detector mode	Relais 1 (presence)		Relais 2 (pulse)
			
free loop	closed	open	open
covered loop	open	closed	open
loop gets free	closed	open	200 ms pulse
loop failure	open	closed	open
power off	closed	closed	open

Figura 12. Detector FG1

Starea detectorului poate fi observată cu ajutorul a două LED-uri, unul verde și altul roșu, conform figurii 13.

green LED	red LED	detector function
off	off	power off
flashing	off	calibration
on	off	ready, free loop
on	on	ready, covered loop
off	on	loop failure

Figura 13. Semnificația LED-urilor

Bucula trebuie poziționată la cel puțin 15 cm depărtare de obiecte din metal și la o adâncime de până la 5 cm. de la nivelul solului. Pentru a realiza bucla se folosește un singur cablu de 1,5 mm² (un cablu cu izolație dublă în cazul în care acesta este plasat direct în pământ). Se realizează o buclă de formă pătrată sau dreptunghiulară cu numărul de spire specificat în figura 14. Cele două capete ale cablului trebuie să fie răsucite împreună (cel puțin 20 de ori pe fiecare metru) de la buclă și până la detector.

Perimeter	n° of turns
less than 3 m.	6
from 3 to 4 m.	5
from 4 to 6 m.	4
from 6 to 12 m.	3
more than 12 m.	2

Figura 14. Semnificația LED-urilor

Mod de lucru

1. Se setează sursa de alimentare cu tensiunea de 24V.
2. Se setează detectorul pe sensibilitatea cea mai mare și frecvență joasă de rezonanță a buclei.
3. Se conectează bucla inductivă la detector.
4. Se îndepărtează toate obiectele metalice aflate la o distanță mai mică de 15cm de buclă.
5. Se conectează bucla inductivă la osciloscop.
6. Se conectează detectorul la sursa de alimentare.
7. Se așteaptă și se observă modul de calibrare al detectorului.
8. Se testează bucla inductivă folosind un obiect metalic. Se observă răspunsul detectorului (starea LED-urilor) și modificările semnalului afișat pe osciloscop (amplitudine și frecvență) în funcție de diferitele poziții ale obiectului metalic.
9. Se completează următorul tabel, pentru fiecare măsurătoare obiectul trebuind să fie în aceeași poziție, cea care determină răspunsul maxim.

Sensibilitate	Frecvență detector	Distanță de detecție	Amplitudine măsurată	Frecvență măsurată	Observații
mică	mică	min.			
mică	mică	(min.) – 5 cm			
mică	mică	(min.) – 10 cm			
MARE	mică	min.			
MARE	mică	(min.) – 10 cm			
MARE	mică	(min.) – 20 cm			
mică	MARE	min.			
mică	MARE	(min.) – 5 cm			
mică	MARE	(min.) – 10 cm			
MARE	MARE	min.			
MARE	MARE	(min.) – 10 cm			
MARE	MARE	(min.) – 20 cm			