

STUDIUL CAPTATORILOR DE CURENT PENTRU VEHICULE ELECTRICE NEAUTONOME

Vehiculele electrice neautonome sunt alimentate de la linia sau șina de contact prin intermediul unui captator de curent. Acesta are rolul de a prelua energia electrică de la linia de contact și de a o transfera pe vehicul. Sunt cunoscute mai multe posibilități de captare a curentului: prin inducție, prin contact, prin jet de plasmă.

O soluție de captare prin inducție, folosită la vehicule echipate cu motoare de inducție liniare (Transrapid), se bazează pe principiul unui transformator cu miez deschis, frecvența fiind de 20 kHz. Totuși, captarea prin inducție are o răspândire limitată, în special din cauza eficienței reduse și influenței defavorabile asupra altor categorii de instalații învecinate.

Captarea prin contact se poate realiza fie de la o linie elastică, fie de la o șină rigidă folosind un contact electric alunecător sau rostogolitor. Ca dispozitive de susținere a piesei de contact se folosesc trolee în formă de bară, lire sau pantografe. Elementele de contact pot fi rostogolitoare (scripete sau role) și alunecătoare (patină longitudinală pentru troleibuze sau patină transversală pentru tramvai, locomotive, rame electrice. Condițiile de efort și viteză sporită au impus în exploatare captatorii de tip pantograf prevăzuți cu patină transversală, care oferă performanțele cele mai bune pentru cele mai multe tipuri de vehicule neautonome.

Pantograful simetric

Este un tip de pantograf utilizat în special pe vehicule de transport urban, de viteză medie. Pantograful este fixat de acoperișul (1) al vehiculului prin intermediul unor izolatori (2).

De baza pantografului sunt legate articulat barele inferioare (3) care au posibilitatea de a se roti în jurul articulațiilor (4). Cele două articulații sunt legate între ele cu o tijă metalică (5) și două manivele (6). Acest sistem asigură rotirea barelor inferioare cu unghiuri egale, dar de semne contrare. Această egalitate a unghiurilor de rotire are o mare importanță pentru menținerea la același nivel a articulațiilor A și B, respectiv deplasarea pe verticală a portpatinei (9).

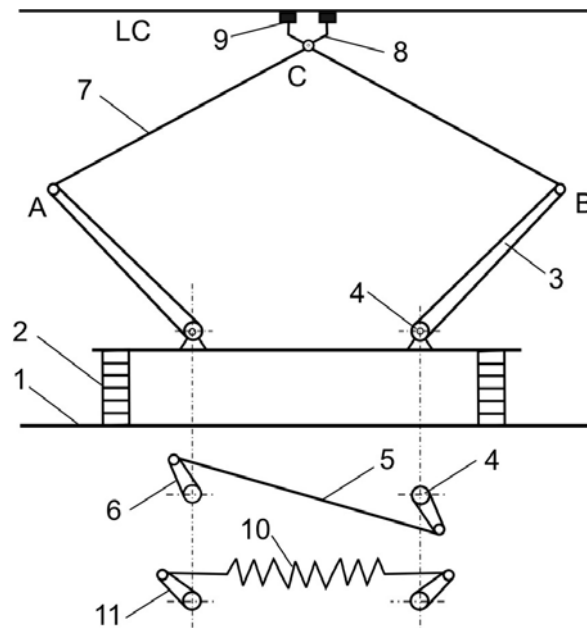


Fig. 1 Pantograf simetric în poziție ridicat

În articulațiile A și B se prind, cu câte un capăt, barele superioare (7), celălalt capăt al lor fiind prins în articulația superioară C de care se fixează articulat portpatina (8). Pe portpatină se fixează patina pantografului (9) care constituie piesa aflată în contact direct cu firul de contact.

Cuplul necesar ridicării pantografului și asigurării unei presiuni date patinei pe firul de contact este asigurat de un arc (10) legat de barele inferioare (4) prin manivela (11). Deoarece elementele superioare ale pantografului au deplasări mai mari decât cele inferioare, este deosebit de important ca portpatina și elementele care o susțin să fie cât mai ușoare.

Pantograful asimetric

Pantografele simetrice prezintă inconvenientul de a avea dimensiuni în plan mari și un număr mare de articulații, care cresc vibrațiile în sistem. În vederea reducerii masei, se folosesc pantografe alcătuite tot dintr-un sistem articulată, însă mai simple, de tip asimetric.

Elementele aflate în contact direct cu linia de contact, numite patine, sunt realizate din materiale gen grafit, grafit metalizat, oțel sau cupru, ele trebuind să reziste la uzură mecanică dată de frecarea cu firul de contact și la uzură electrică datorată arcurilor electrice care apar în timpul desprinderii patinei de fir. Limitarea uzurii elementelor de contact impune menținerea între anumite limite a presiunii de contact. În aceste sens este necesară asigurarea continuă atât în regim static, cât și în regim dinamic a efortului minim necesar a pantografului pe liniile de contact.

Aționarea pantografului

Pantografele vehiculelor trebuie să realizeze două poziții: coborât și respectiv ridicat sau de lucru. Operațiile propriu-zise se realizează sub acțiunea unui sistem de arcuri și a unui mecanism pneumatic. Aerul comprimat, ca element de antrenare, poate interveni fie la coborârea fie la ridicarea pantografului. În primul sistem ridicarea pantografului se face cu ajutorul unor arcuri care se armează la coborârea pantografului. Menținerea pantografului în poziția coborât se face cu ajutorul unei piedici mecanice. Pentru ridicare este suficient să se elibereze mecanismul. Acest sistem are avantajul că la ridicarea pantografului are loc și stabilirea contactului electric între bara de uzură și linia de contact, ridicarea realizându-se și în lipsa aerului comprimat. Totuși, din cauza pericolului pe care îl prezintă scăparea pantografului la o defecțiune oarecare a dispozitivului de zăvorâre, sistemul nu a primit o largă utilizare.

La al doilea sistem, ridicarea pantografului se face cu ajutorul aerului comprimat, care continuă să apese asupra pistonului în tot timpul cât pantograful este în poziție de lucru. Coborârea pantografului se face prin evacuarea aerului comprimat din cilindrul de acționare, fie numai prin acțiunea propriei greutate, fie sub acțiunea combinată a greutății proprii și a unor arcuri care la ridicare sunt armate (tensionate sau comprimate).

Problemele captării prin pantograf

Principala cerință ce se impune sistemului de captare este să asigure o captare bună a curentului indiferent de înălțimea de lucru, puterea cerută la obadă și viteza de deplasare a vehiculului. În acest scop, dispozitivul de culegere trebuie să aibă un plan de contact independent de mișcările sistemului articulat, o inerție redusă, stabilitate laterală și transversală bună, să realizeze în regim static și dinamic o presiune de contact independentă de înălțimea de lucru, să fie puțin sensibil la efectele aerodinamice. În afară de aceasta, trebuie să fie prevăzut cu o patină de contact a cărei formă și mod de suspendare să fie adecvate caracteristicilor suspensiei liniei de contact. De asemenea, trebuie să fie dotat cu un mecanism de comandă sigur în funcționare. Tuturor acestor cerințe, condiționate tot mai mult de vitezele de deplasare și de puterile instalate pe vehicule, le corespund mai bine pantografele asimetrice. În general, se admite că pe lângă mișcarea liniară a culegătorului dată de deplasarea vehiculului, mai există o mișcare oscilant amortizată a firului de contact și o mișcare cu oscilații întreținute a patinei culegătorului. În acest sens, se pornește de la observația că sistemul elastic al catenarei permite ca forța de apăsare a patinei să învingă forța elastică și masa echivalentă a firului, ridicându-l. După trecerea patinei, firul cade brusc sub acțiunea propriei greutate, executând o mișcare oscilant amortizată.

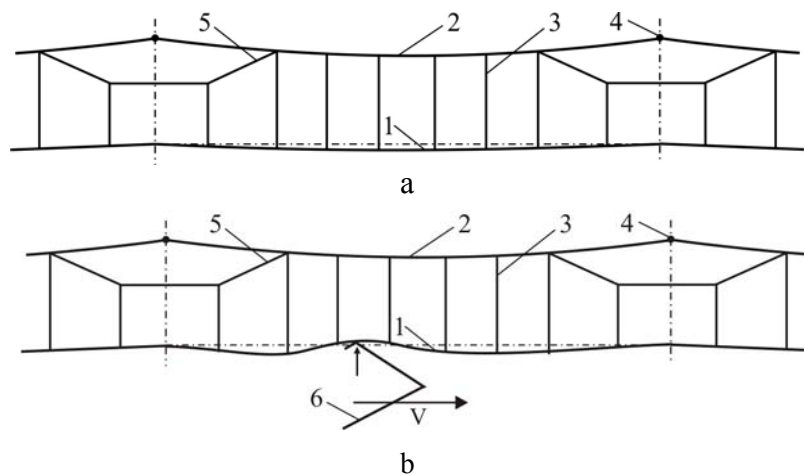


Fig. 2 Ridicarea firului de contact de către pantograf

1 – Fir de contact, 2 – Cablu purtător, 3 – Pendul, 4 – Consolă susținere
5- Pendule elastice în formă de Y, 6 – Pantograf, v- Viteza de deplasare a vehiculului

Pe de altă parte, variația de rigiditate a firului de contact, diferențele de nivel și concentrările de masă, care variază în lungul firului de contact, determină o variație care poate fi aproximativ sinusoidală a efortului dezvoltat de culegător în planul vertical a patinei. Compunerea celor două miscări oscilante poate duce la fenomene de rezonanță, care în caz extrem fac patina să nu mai poată urmări firul de contact, rezultând desprinderi ale patinei de fir.

Realizarea presiunii de contact

Tinând seama de forțele ce concurează la obținerea presiunii efective de contact, F_{Ef} , dintre culegător și linia de contact, se poate scrie:

$$F_{Ef} = F_A - F_G \pm F_F \pm F_V \pm (F_d + F_e), \text{ în care:}$$

F_{Ef} – efortul efectiv de apăsare al pantografului pe linia de contact;

F_A – efortul arcului pantografului;

F_G – efortul datorat greutatei pantografului;

F_F – efortul datorat frecărilor în articulațiile pantografului;

F_V – efortul datorat efectului aerodinamic;

F_d – efortul dinamic datorat deplasării pe verticală a pantografului;

F_e – efortul datorat elasticității liniei de contact.

Toate aceste eforturi sunt dirijate pe verticală, rezultanta lor fiind determinată în punctul de contact dintre patina și linia de contact.

Realizarea unei bune captări cere ca efortul F_{Ef} să fie cât mai constant, indiferent de înălțimea de lucru a pantografului și indiferent de viteza liniară cu care acesta se deplasează.

Obținerea acestor necesități este mai greu de realizat, întrucât, după cum se vede din relația (1), F_{Ef} depinde de foarte mulți factori, a căror apreciere analitică este dificilă.

Astfel, efortul datorat efectului aerodinamic se determină experimental, iar diferența ($F_d - F_e$) cere multe calcule. Într-o prima aproximație se urmărește realizarea în regim static a unui efort F_s cât mai constant la linia de contact, indiferent de înălțimea de lucru H a pantografului.

Dependența $F_s = F_A - F_g \pm F_f = f(H)$ se numește caracteristica statică a pantografului. Această caracteristică statică este reprezentată de două caracteristici: una pentru ridicare și una pentru coborâre, întrucât la ridicare efortul F_f se opune efortului arcului, iar la coborâre se opune tendinței liniei de contact de a apăsa pantograful, ajutând astfel efortul arcului.

În figura 3 se consideră pantograful ca un sistem elastic de ordinul 1 cu două grade de libertate, sprijinit pe un resort cu un coeficient de elasticitate k , care determină forța restauratoare și un sistem de amortizoare vâscoasă b , proporțională cu viteza. Se au în vedere o serie de ipoteze simplificatoare:

- se consideră pantograful ca sistem mecanic alcătuit din masa M_e acționat de un arc cu coeficient de rigiditate k ;
- asupra pantografului acționează pe direcție verticală o forță $F(t)$ dată de mișcarea de vibrație a firului de contact;
- poziția de echilibru a pantografului este poziție de energie potențială nulă;
- asupra pantografului acționează linia de contact ca o forță perturbatoare dată de vibrația acesteia, F_{LC} , o forță F_A dată de arcurile pantografului și o forță de rezistență F_R care se opune forței F_A .

Se consideră că asupra pantografului acționează doar forța dată de arcurile de lucru și forța dată de vibrațiile pe verticală ale liniei de contact considerată ca o forță perturbatoare armonică de forma $F(t) = F_0(\sin \omega t + \varphi)$ cu amplitudine constantă.

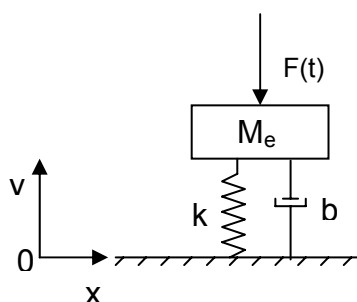


Fig. 3 - Reprezentarea pantografului considerat cu amortizare.

Modelul de laborator

În laborator există un model de pantograf asimetric care poate fi acționat atât clasic, cu resort, cât și neconvențional, cu motor liniar de inducție. Motorul liniar de inducție se alimentează de la o rețea trifazată prin intermediul unui autotransformator trifazat. Linia de contact este simulată printr-un disc din tablă de cupru cu grosimea de 1,5 mm și cu diametru de 260 mm care este fixat pe un ax. Pe disc s-au practicat diferite neregularități pentru a scoate în evidență rugozitățile care sunt pe firul de contact datorită arcurilor electrice care au loc în timpul desprinderii elementelor de contact. De asemenea, discul prezintă o decupare la centru care-i permite o deplasare în sus și în jos, realizându-se prin deplasarea discului săgeata liniei de contact respectiv, săgeata firului de contact dintre două pendule consecutive.

Discul este rotit cu ajutorul unui motor asincron monofazat a cărui viteză poate fi modificată, simulându-se astfel diverse viteze ale vehiculului.

Sistemul colector perie - portperie va asigura circulația curentului electric într-un circuit serie format dintr-o sursă de tensiune, linia de contact, pantograf și un consumator. Astfel sistemul permite detectarea numărului de desprinderi ale pantografului de linia de contact în funcție de viteză. Schema de principiu este prezentată în figura 4.

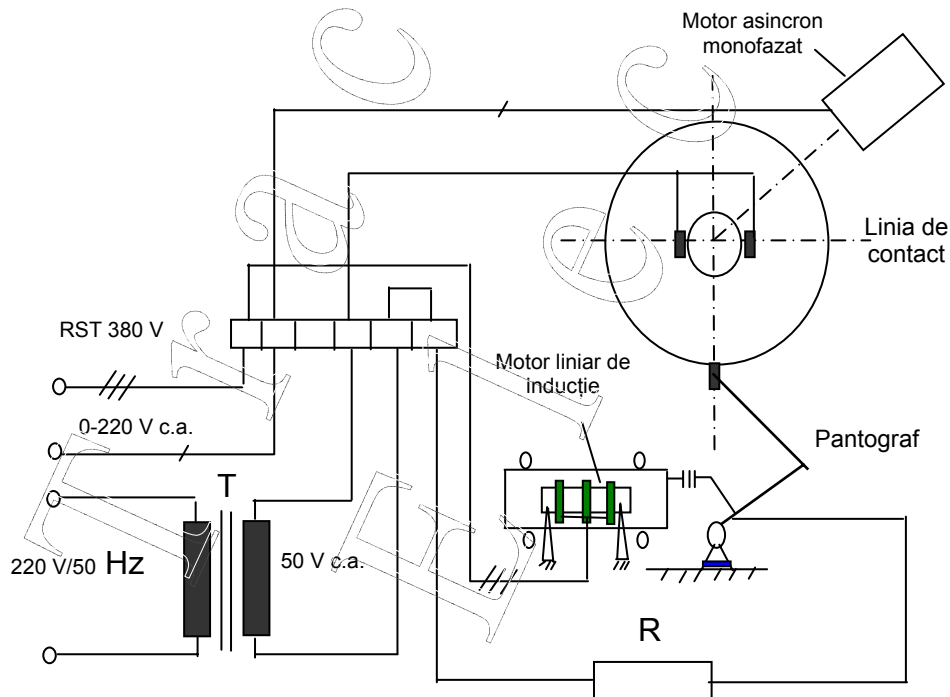


Fig. 4 - Schema electrică de principiu pentru captarea curentului electric

Mersul lucrării:

1. Se vor recunoaște elementele componente ale pantografului asimetric.
2. Se vor trasa caracteristicile statice ale pantografului (la urcare și la coborâre), măsurându-se în același timp înălțimea la care urca sau coboară pantograful.
3. Se va determina influența vitezei vehiculului asupra numărului de desprinderi ale pantografului precum și influența forței de apăsare asupra numărului de desprinderi. În primul caz viteza se va varia viteza discului care modelează linia de contact iar în al doilea caz se va alimenta motorul liniar de inducție la diverse tensiuni astfel încât patina pantografului să apese cu diverse eforturi asupra discului aflat în mișcare de rotație.