

Stand de testare a motoarelor Diesel de locomotivă cu recuperarea energiei în rețeaua electrică – o realizare a ICPE-CA



INCDIE ICPE-CA se bucură de prestigiu la nivel național și internațional, colaborând cu parteneri din economie prin intermediul serviciilor și produselor oferite, pe baza bunelor practici ale cercetării, dezvoltării tehnologice și inovării. Institutul oferă soluții tehnologice adaptate necesităților potențialilor beneficiari naționali datorită capacităților specialiștilor săi. În ultimii ani, ICPE-CA s-a axat din ce în ce mai mult pe tematici de dezvoltare tehnologică în inginerie electrică, mecanică și energetică, toate acestea finalizându-se cu tehnologii sau echipamente valorificate în mediul industrial.

Ing. Daniel Lipcinski, șef Laborator Fotogrammetrie și Vibroacustică, ICPE-CA

Beneficiind de o vastă experiență, în cadrul Departamentului de Sisteme și Tehnologii Electromecanice (DSTE) au fost abordate, de-a lungul anilor, diverse direcții de cercetare în concordanță cu specificul institutului și cu nevoile pieței. Astfel, în cadrul contractului cadru POC 126/2016 - „Transfer de cunoștințe către mediul privat în domeniul energiei având la bază experiența științifică a ICPE-CA -TRANSENERG”, prin materializarea contractului subsidiar „**Stand pentru testare motoare Diesel de locomotivă, cu recuperarea energiei în rețeaua electrică**”, au fost derulate activități de cercetare industrială și dezvoltare experimentală în colaborare efectivă între organizația de cercetare ICPE-CA și întreprinderea SC Remarul 16 Februarie SA.

Colaborare cu mediul economic

În condițiile actuale, în care prețul energiei electrice s-a majorat semnificativ și pune sub semnul întrebării funcționarea în condiții normale a anumitor instituții, ICPE-CA vine cu o soluție viabilă de recuperare a energiei în urma procedurilor de testare și mentenanță a motoarelor termice de locomotivă, prin conversia și injectarea acestora în rețeaua de alimentare cu energie electrică locală, de unde se poate consuma în regim instantaneu în aplicațiile beneficiarului sau în sistemul energetic național - SEN.

Această recentă realizare a ICPE-CA în domeniul standurilor de testare a avut ca

obiectiv transferul tehnologic și punerea în funcțiune a unui stand de testare pentru motoarele termice, destinat testării și rodajului motoarelor Diesel de locomotivă utilizate în domeniul feroviar, cu recuperarea energiei în rețeaua de medie tensiune a platformei de reparații material rulant a SC Remarul 16 Februarie SA. Soluția tehnică poate fi implementată în orice instituție producătoare de material rulant din țară care are consumuri energetice semnificative.

Standul este conceput pentru teste de verificare și monitorizare a parametrilor tehnici (electrici, hidraulici, pneumatici) pentru a evidenția funcționarea motorului Diesel de locomotivă (fig.1) în sarcină, elementele de

noutate fiind monitorizarea și automatizarea întregului proces de testare a motoarelor Diesel, precum și recuperarea energiei în rețeaua electrică a unității industriale.

Standurile convenționale, cel mai des întâlnite la testarea motoarelor de locomotivă, s-au realizat prin cuplarea motorului Diesel la un generator de curent continuu care debita energie disipată pe rezistori de putere ce o evacua prin răcire cu apă, soluție care determina reglaje dificile și variații mici ale sarcinii aplicate la arborele motorului. Pornind de la aceste variante clasice, s-a trecut la soluții esențial diferite, de noutate la nivel național, cu grad ridicat de tehnologizare, prin utilizarea convertoarelor statice de pu-



Motorul Diesel de locomotivă poziționat în amplasamentul de testare

tere (invertoare). Această metodă face posibilă recuperarea energiei electrice debitată de generator și, totodată, injectarea acestei energii în rețeaua de alimentare locală sau națională. De asemenea, monitorizarea parametrilor motorului termic și a rețelei de medie tensiune cu o rețea de senzori și transductoare de nouă generație, conectate prin intermediul unei plăci de achiziție la un sistem de calcul cu software specializat care furnizează un buletin de măsurători, constituie o metodă de testare modernă, de ultimă generație.

Soluția tehnică are un caracter multidisciplinar (energetică, electrotehnică, electronică și automatizări) ce a presupus o abordare complexă, cu studii pe toate direcțiile menționate mai sus, incluzând: stabilirea schemei de principiu defalcată pe principalele blocuri funcționale, analiza tuturor soluțiilor de implementare și apoi proiectarea, realizarea și testarea unui nou stand cu caracteristici superioare (cu recuperare de energie și injectarea acesteia în rețea, digitalizare, interfață om-mașină).

Activitatea de montare propriu-zisă a standului în hala de la Remarul 16 Februarie SA a constat în cuplarea motorului Diesel cu generatorul de curent continuu, montarea blocurilor de convertizoare electronice de putere – redresor excitație și invertor trifazat, legarea în circuit a transformatorului trifazat ridicător de tensiune, montarea blocului de măsură, montarea celei de conectare la rețeaua de 10kV a beneficiarului, echiparea panoului de comandă, control, protecție și semnalizare a standului.

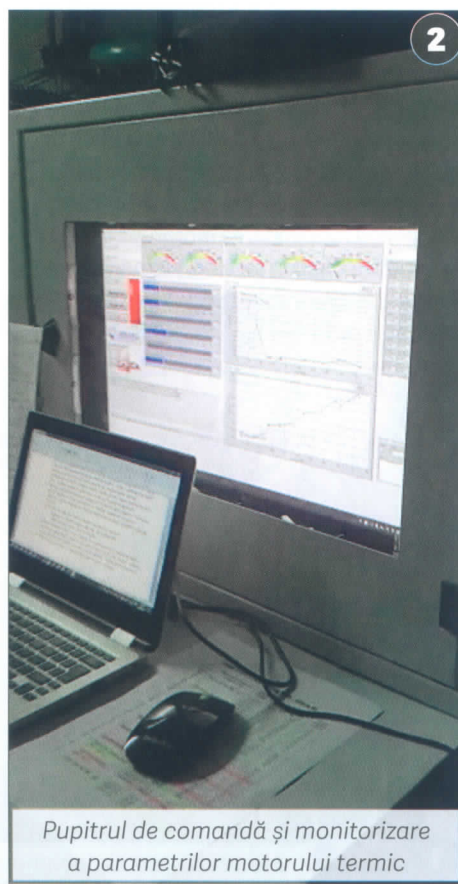
Pentru punerea în funcțiune a standului a fost elaborat și testat un program software dedicat aplicației pentru monitorizarea parametrilor electrice și achiziția de date de la toate echipamentele standului, monitorizarea condițiilor de mediu, comanda diverselor dispozitive electromecanice, conformitatea procedurilor de testare și ridicarea de diagrame de funcționare: $M = f(n)$, $P = f(n)$ și $P = f(U, I)$ (moment funcție de turație, putere funcție de turație, putere funcție de tensiune și curent).

Încercările motoarelor Diesel pe stand sunt de lungă durată (se pot derula 24 ore în cazul rodajului unui motor Diesel trecut printr-o reparație majoră), iar evaluarea consumului de combustibil și a economiei de energie sunt procese care presupun măsurători pe durate mari de timp, în diferite condiții de încărcare, dependente de consumatorii cuplați la rețea (funcționează la sarcină variabilă). După încheierea testelor urmează inter-

pretarea rezultatelor, finalizarea modalității de încercare, definitivarea procedurilor de exploatare și de întreținere a standului. A fost luată în considerație o optimizare a reglajelor motorului Diesel pentru a menține turația constantă, dar este preferată soluția de monitorizare a funcționării în regim de reglaj în buclă deschisă, deoarece astfel pot fi observate modificările funcționale ale motorului în timpul procedurii de rodare.

Pupitrul de comandă și monitorizarea parametrilor motorului

Pupitrul de comandă (fig. 2) este elementul central de coordonare a întregului proces de măsură și control. Acesta are în dotare următoarele module funcționale: sistemul de calcul (tip desktop), placa de achiziție a semnalelor, module de multiplexare a semnalelor provenite de la transductoare, surse de tensiune, elemente de protecție la suprasarcină, convertoare de frecvență și elemente de comandă și control, imprimantă pentru editare buletin de măsurători. Interfața de pornire a grupului motor – generator este montată pe partea frontală a pupitrului de comandă alături de ecranul de monitorizare a parametrilor.



Pupitrul de comandă și monitorizare a parametrilor motorului termic

Procedura de lucru implementată în aplicația software de control care rulează pe calculatorul din fig. 2 urmărește organigrama funcțională a activităților necesare desfășurării în bune condiții a diferitelor operațiuni efectuate pe standul de încercări. Programul software de înregistrare a datelor a fost scris în LabVIEW datorită bazei sale de date tehnice dedicate funcțiilor, disponibilității și compatibilității cu placa de achiziție de date NI USB-6003. Interfața grafică permite vizualizarea mărimilor măsurate de senzori care asigură monitorizarea standului, cum ar fi: presiuni, temperaturi, turație, valori curente ale puterii, cuplului, curenți, tensiuni etc. Interfața are date de intrare privind operatorul, motorul testat și permite înregistrarea la cerere. Datele înregistrate pot fi afișate ca Putere vs. RPM sau Cuplu vs. RPM, rezultatul final fiind vizualizarea caracteristicii mecanice $P = f(n)$ pentru diferite sarcini aplicate motorului Diesel.

Echipamentul electronic cu eficiență energetică pentru testarea motoarelor termice din dotarea materialului rulant (fig. 3) are în componență modulele de comandă, control măsură, protecție, semnalizare pentru cele două convertizoare rotorice. Acestea au la bază microcontrolere pentru reglatoarele de curent și turație, comandă pe grilă a tiristoarelor și transductoarelor de curent și tensiune. Elementele de măsură și control al parametrilor conversiei reprezintă mărimi analogice și digitale transmise PROFIBUS pentru panoul central de control și măsură. Așa cum s-a prezentat anterior, până în anul 2019, pentru a realiza încercările motoarelor, în general, și a motoarelor termice, în particular, soluțiile de încărcare a acestora se realizau prin antrenarea unei mașini de c.c. care, excitată în regim de generator, dezvoltă la ieșirea înfășurării rotorice o putere proporțională cu turația, dar care se consuma pe o rezistență de sarcină. În acest fel, lucrul mecanic dezvoltat de motorul termic la ax prin intermediul generatorului de c.c., se transforma în căldură care se pierdea în mediul ambiant sau în bazine cu apă.

Pentru eliminarea acestor pierderi, **noua soluție propusă și dezvoltată de ICPE-CA** constă în următoarele: la un anumit punct static de funcționare, motorul Diesel se va roti într-un sens (sensul de rotație al motorului Diesel în exploatare) la o turație n_x , antrenând mașina de c.c. cu aceeași turație n_x în același sens de rotație. Cu ajutorul echipamentului electronic cu eficiență energetică (fig. 3), alimentat de la sursa de tensiune 1800 kVA, 3x476 V, 50 Hz prin intermediul convertoarelor statice de putere



Modulele de comandă echipate cu convertoare statice de putere

rotorice, respectiv de excitație a grupului motor-generator, se comandă sensul de rotație virtual al mașinii de c.c. astfel încât să fie în sens invers sensului de rotație impus de motorul Diesel. În acest mod, generatorul de c.c. devine frână cu următoarea diferență: dacă se impune virtual o turație $n_y < n_x$, unde n_y este turația impusă mașinii alimentată din rețea, iar n_x este turația în sens contrar impusă de motorul Diesel aceleiași mașini de c.c., rezultă că diferența dintre tensiuni are drept consecință o putere care se injectează în rețeaua de alimentare și se poate consuma în regim instantaneu în aplicațiile beneficiarului sau în sistemul energetic național - SEN. În această situație, în afara faptului că nu mai sunt necesare rezistențele de sarcină răcite cu lichid, în timpul încercărilor de duranță se injectează în rețea o energie proporțională cu parametrii punctului de încercare (n, P).

În **fig. 3** este prezentat convertizorul static de putere care este compus din 3 compartimente:

- A. Compartimentul selectare-alimentare:
 - Prin TIT 1800 kVA; 476 V c.a.;
 - Prin transformator de 400 kVA; 476 V c.a.;
- B. Compartiment convertoare statice de putere: inverter rotorice, redresor excitație, componente de automatizare;
- C. Compartiment selectare TIT (motor termic de testare).

Din punct de vedere constructiv, soluția tehnică are următoarele caracteristici:

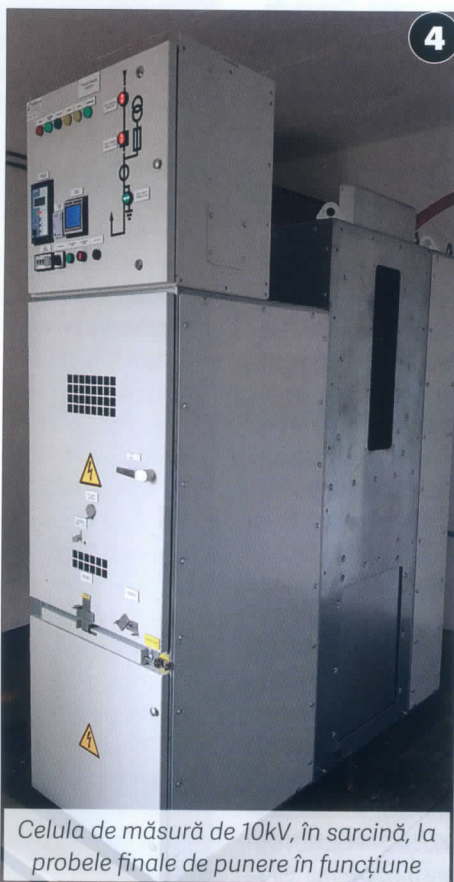
1. Sursa de energie electrică este formată dintr-un transformator 1800 kVA 3x10 kV/3x476 V, conectată la o celulă de medie tensiune 3x12 kV/630 A cu întrerupător de medie tensiune;

2. Standul este capabil să testeze alter-

nativ două tipuri de motoare Diesel. Sarcina pentru echipamentul electronic este în funcție de motorul termic de încercat, astfel:

- Motor Diesel cu puterea maximă de 374 CP (275 kW) cu turația relanti/max egală cu 800/2000 rot/min și generator de c.c. 800 kW, 750 V rotor, 1152 A rotor, 1800 rot/min, $U_{ex} = 170$ V c.c., $I_{ex} = 35$ A c.c., - încărcare în trepte și/sau continuă;

- Motor Diesel cu puterea maximă de 1250 CP (920 kW) cu turația relanti/max egală cu 350/750 rot/min și generator de c.c. 1280 kW,



Celula de măsură de 10kV, în sarcină, la probele finale de punere în funcțiune

800 V rotor, 1600 A rotor, 1080 rot/min, $U_{ex} = 170$ V, $I_{ex} = 30$ A - încărcare în trepte și/sau continuă;

3. Încărcarea celor două motoare Diesel se realizează în trepte cuprinse între 0 și

$P_{e\max}$ și/sau continuu, pentru rodajul motorului;

4. Convertoarele statice de putere, rotorice și de excitație, sunt echipate cu tiristoare, complet comandate.

Celula de măsură de medie tensiune (**fig. 4**) este unitatea care asigură transferul tensiunii de la transformatorul de tensiune de 3x10kV la sistemul energetic din cadrul platformei SC Remarul 16 Februarie SA și, totodată, asigură monitorizarea, protecția și decuplarea alimentării prin întrerupătorul de tensiune în cazul apariției unor valori în afara domeniului de lucru. Din punct de vedere constructiv, este structurată în module de intrare-ieșire medie tensiune precum și compartimentul de măsură (monitorizare parametri electrici ai rețelei), protecție (protecție componente stand și rețea consumatori).

Concluzionând, standul de testare pentru motoarele termice este destinat testării și rodajului motoarelor Diesel de locomotivă, utilizate în tracțiunea feroviară, cu recuperarea energiei în rețeaua electrică.

Recuperarea energiei și utilizarea acesteia în alimentarea altor consumatori (atât la beneficiar, cât și extern, folosind Sistemul Energetic Național), crește eficiența energetică a standului și, totodată, reduce costurile procedurilor de testare și mentenanță. Prin implementarea noului stand la SC REMARUL 16 Februarie SA, estimăm că energia recuperată în rețeaua internă este echivalentul unei economii de 50% până la 80% din energia folosită în timpul testărilor de duranță pentru un motor Diesel, în funcție de regimul de încărcare a motorului termic.

Pentru testele de monitorizare a parametrilor tehnici (electrici, hidraulici, pneumatici) în parametri optimi de funcționare, standul include echipamente și componente moderne, aparatură de afișare și stocare a datelor pentru principalii parametri măsurați, software specializat. Asigură achiziția, stocarea și procesarea parametrilor testați, precum și crearea unei baze de date cu rezultatele măsurătorilor.

Sistemul complex realizat se constituie într-un produs nou pe plan național și competitiv pe plan european ce asigură o eficiență energetică maximă în procesul de testare prin recuperarea energiei în rețeaua electrică.