BOBINATOR APARATAJ ELECTRIC, CALIFICARE – NIVEL II

COD COR 741202

MARTIE 2026

CUPRINS

CAPITOLUL 1

1. Normele de securitate și sănătate în muncă specifice domeniului, prevenirea și stingerea incendiilor și protecția mediului…….....pag.4

1.1. Norme de securitate și sănătate în muncă specifice domeniului…….pag.4

1.2. Prevenirea și stingerea incendiilor…….....pag.4

1.3. Protecția mediului……....pag.4

CAPITOLUL 2……....pag.5

2.1. Factori care influențează calitatea muncii: pregătirea profesională, atenția la detalii, utilizarea corectă a materialelor și echipamentelor, respectarea procedurilor……....pag.5

2.2. Managementul calității…….....pag.5

CAPITOLUL 3……..……..pag.6

3.Desen tehnic și scheme electrice / mecanice……..….pag.6

3.1. Desen tehnic……..pag.6

3.2. Simboluri folosite în schemele electrice, electronice……pag.7

CAPITOLUL 4…….….pag.14

4. Tehnologia informației și a comunicațiilor…….....pag.14

4.1. Identificarea componentelor hardware și software ale unui calculator personal……....pag.14

4.2. Rețele de calculatoare. Necesitatea securizării calculatoarelor și a rețelelor……..….pag.15

4.3. Operarea calculatorului la nivel elementar……...…..pag.17

4.4. Editarea textelor și tabelelor. Calcul tabelar. Editare documente……...…….pag.18

CAPITOLUL 5……..……....pag.19

5. Noțiuni generale de electricitate, electrotehnică și câmp magnetic……..……....pag.20

5.1 Noțiuni generale de electricitate – Mărimi electrice.

Circuite electrice. Măsurări electrice……..……....pag.20

5.2. Noțiuni de electrotehnică. Câmpul magnetic…….…..…....pag.21

5.3. Elementele componente ale bobinelor.Elementele componente ale bobinelor.

Terminologie. Definiții…….…..…..pag.22

5.4. Scheme de bobinaj……...….pag.23

CAPITOLUL 6……...….pag.25

6. Materiale electrotehnice……..pag.26

6.1. Structuri și proprietăți…….pag.26

6.2. Conductoare……..pag.27

6.3. Materiale izolatoare…….pag.29

6.4. Materiale cu utilizări speciale…….……pag.29

6.5. Rezistoare……..pag.32

6.6. Condensatoare……..pag.35

6.7. Bobine……....pag.38

6.8 Cabluri, conductori……...pag.44

CAPITOLUL 7……....pag.47

7. Aparate electrice de măsură……...pag.50

7.1. Construcție……....pag.51

7.2. Parametrii tehnici ai aparatelor electrice……...pag.52

7.3. Conectarea în circuit a aparatelor electrice……...pag.54

CAPITOLUL 8……....pag.55

8. Etapele realizării produselor finite…….…...pag.55

8.1. Realizarea subansamblelor…….……....pag.57

8.2. Realizarea produsului finit…….....pag.58

8.3. Depozitarea produsului finit……...pag.59

CAPITOLUL 9……....pag.60

9. Procesul tehnologic de bobinare……....pag.62

9.1. Pregătirea operației de bobinare……....pag.62

9.2. Identificarea caracteristicilor bobinajului…….....pag.63

9.3. Confecționarea pieselor electroizolante…….....pag.65

CAPITOLUL 10…….....pag.70

10. Diagnosticarea Și recondiționarea bobinelor…….....pag.70

10.1. Testarea și diagnosticarea bobinelor……...pag.72

10.2. Depanarea și recondiționarea bobinelor…….....pag.73

CAPITOLUL 11…….....pag.75

11. Montarea bobinelor și izolarea lor electrică…….....pag.75

11.1. Pregătirea operației de montare…….....pag.76

11.2. Montarea bobinelor…….....pag.76

11.3. Verificarea modului de montare…….....pag.77

CAPITOLUL 12……....pag.78

12. Verificarea parametrilor tehnici ai bobinelor…….....pag.79

12.1. Verificarea conformității bobinelor cu documentația tehnică…….....pag.80

12.2. Măsurarea parametrilor electrici în curent continuu și curent alternativ…….....pag.81

12.3. Bibliografie.....pag.82

CAPITOLUL 1

1. Normele de securitate și sănătate în muncă specifice domeniului, prevenirea și stingerea incendiilor și protecția mediului

1.1. Norme de securitate și sănătate în muncă specifice domeniului

- Legislație aplicabilă: respectarea normelor de sănătate și securitate în muncă (ex.: Legea SSM nr. 319/2006, HG 1425/2006).

- Riscuri asociate: electrocutare, incendii, tăieturi, ridicare de greutăți — necesită condiție fizică bună.

- Echipamente obligatorii: mănuși izolante, încălțăminte de protecție, salopetă antistatică, ochelari de protecție, materiale de igienă personală.

- Proceduri de urgență: cunoașterea și aplicarea măsurilor de evacuare, folosirea corectă a stingătoarelor, acordarea primului ajutor.

1.2. Prevenirea și stingerea incendiilor

- Legislație aplicabilă: respectarea normelor PSI (ex.: Legea 307/2006 privind apărarea împotriva incendiilor).

- Utilizare echipamente: cunoașterea manevrelor de folosire a stingătoarelor, hidranților și altor mijloace de stingere.

- Studiu de caz: acționare rapidă în caz de incendiu la materiale inflamabile (lacuri, solvenți), alarmare, evacuare și stingere.

1.3. Protecția mediului:

- Legislație aplicabilă: respectarea normelor de protecția mediului (ex.: Legea 195/2005, OUG 92/2021 privind deșeurile).

- Conservare: protejarea aerului, apei și solului prin lucrul curat și controlat.

- Protecția resurselor: reducerea consumului de energie, reciclarea materialelor, protejarea biodiversității.

- Gestiunea deșeurilor: colectarea selectivă a firelor uzate, izolațiilor, solvenților; predarea lor către firme autorizate.

CAPITOLUL 2

2. Managementul calității: urmărește realizarea unor lucrări corecte, sigure și conforme standardelor profesionale.

2.1.Factori care influențează calitatea muncii: pregătirea profesională, atenția la detalii, utilizarea corectă a materialelor și echipamentelor, respectarea procedurilor

Legislație națională și europeană:

- Codul Muncii (Legea 53/2003) reglementează drepturile și obligațiile angajaților și angajatorilor;

- Normele europene susțin libera circulație a lucrătorilor și condiții echitabile de muncă în toate țările UE;

- Mobilitatea forței de muncă: permite angajaților să lucreze în alte regiuni sau țări, beneficiind de recunoașterea calificărilor și drepturilor;

- Comunicare, atitudini și valori: implică respect, responsabilitate, colaborare, comportament etic și comunicare eficientă pentru menținerea unui mediu de lucru pozitiv și productiv;

- Angajament profesional: implică seriozitate, asumarea responsabilității și finalizarea corectă a sarcinilor;

- Gestionarea problemelor și conflictelor: se face prin dialog, calm, soluții corecte și respect reciproc;

- Comportament etic și comunicare: respectarea regulilor morale, sinceritate și comunicare clară pentru un mediu de lucru sănătos și eficient;

- Prezentarea concluziilor și acțiunilor: presupune comunicarea clară și structurată a rezultatelor și deciziilor luate;

- Elaborarea documentelor profesionale: înseamnă redactarea corectă, clară și logică a rapoartelor, fișelor tehnice și altor materiale de specialitate.

2.2.Managementul calității

Managementul calității: asigură lucrări corecte, sigure și conforme cerințelor.

Instrumente utilizate: proceduri de lucru, planuri de control al calității, fișe de verificare și testare.

Aplicare: respectarea pașilor de bobinare, testarea produsului final și corectarea imediată a defectelor.

CAPITOLUL 3

3. Desen tehnic și scheme electrice / mecanice

3.1. Desen tehnic

Desenul tehnic este limbajul universal al ingineriei și reprezintă mijlocul principal de comunicare între proiectanți, ingineri și lucrători din industrie. Prin intermediul acestuia se transmit informații precise despre forma, dimensiunile și modul de execuție al pieselor sau ansamblurilor.

3.1.1. Noțiuni generale

Desenul tehnic se caracterizează prin rigoare, standardizare și claritate. Fiecare linie, simbol sau cotă are un înțeles bine definit, astfel încât interpretarea desenului să nu lase loc de ambiguitate. Desenele sunt realizate conform unor norme tehnice internaționale (de exemplu, ISO), ceea ce permite înțelegerea lor în orice țară.

Este esențial ca desenul tehnic să fie complet, exact și lizibil, pentru a putea fi folosit în procesul de fabricație fără a necesita explicații suplimentare.

3.1.2. Reprezentări

Pentru a reda un obiect tridimensional într-un spațiu bidimensional (pe hârtie sau digital), se utilizează proiecțiile ortogonale, care sunt cele mai frecvente. Acestea presupun proiectarea obiectului pe mai multe plane (frontal, orizontal, lateral) și oferă o imagine completă a acestuia din mai multe unghiuri.

Alte tipuri de reprezentări sunt:

- Vederile – redau partea exterioară a piesei;

- Secțiunile – arată interiorul obiectului, fiind utile pentru înțelegerea detaliilor ascunse;

- Reprezentările axonometrice – oferă o imagine tridimensională schematică, utilă pentru o mai bună înțelegere vizuală.

3.1.3. Cotarea

Cotarea este procesul de înscriere a dimensiunilor pe desen. Fără cotare, obiectul nu poate fi fabricat corect. Dimensiunile trebuie să fie exprimate clar, folosind simboluri și convenții standardizate. Se utilizează linii de cotă, linii de indicație și săgeți pentru a marca distanțele, diametrele sau unghiurile.

Regulile de cotare impun: evitarea suprapunerii cotelor, indicarea doar a dimensiunilor necesare, respectarea ordinii logice în așezarea cotelor.

Toate dimensiunile sunt exprimate, de regulă, în milimetri, fără a menționa unitatea.

3.1.4. Elaborarea schiței

Schița este o formă simplificată de desen tehnic, realizată de mână liberă, fără instrumente de precizie. Este folosită în faza inițială a proiectării sau pentru a comunica rapid o idee.

O schiță corectă trebuie să respecte proporțiile și să conțină suficiente detalii pentru a înțelege forma și funcțiunea piesei. De asemenea, este necesară indicarea dimensiunilor esențiale prin cotare.

3.1.5. Desenul la scară

În practică, obiectele pot fi prea mari sau prea mici pentru a fi reprezentate în mărime naturală. De aceea, se utilizează scara, care este raportul dintre dimensiunea din desen și dimensiunea reală a obiectului.

Există: Scări de reducere (ex. 1:2, 1:10) – pentru obiecte mari, Scări de mărire (ex. 2:1, 5:1) – pentru obiecte mici sau detalii, Scara naturală (1:1) – atunci când este posibil.

Scara folosită trebuie menționată clar pe desen.

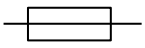
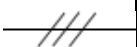
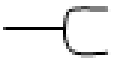
3.1.6. Concluzie

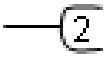
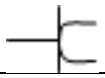
Desenul tehnic este esențial în procesele de proiectare, execuție și control al produselor tehnice. Stăpânirea noțiunilor de bază precum reprezentările corecte, cotarea, schițarea și lucrul la scară este indispensabilă pentru oricine activează în domeniul tehnic. Prin utilizarea riguroasă a acestui limbaj grafic, se asigură eficiență, precizie și calitate în realizarea produselor industriale.

3.2. Simboluri folosite în schemele electrice, electronice

Instalații electrice și circuitele electronice sunt alcătuite din mai multe elemente. Aceste elemente sunt reprezentate grafic prin semne convenționale și simboluri grafice. Principalele semne convenționale utilizate în instalațiile electrice de iluminat și prize monofilare sunt reprezentate în **tabelul 3.2.1**.

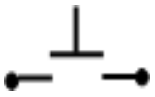
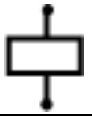
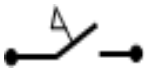
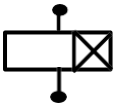
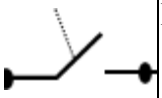
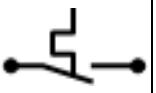
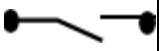
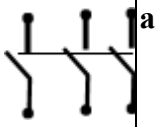
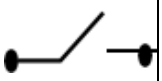
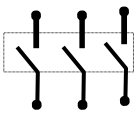
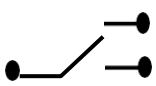
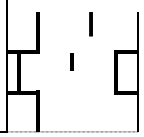
TABEL 3.2.1 Semne convenționale utilizate în instalațiile electrice de iluminat

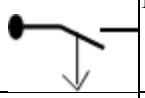
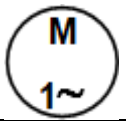
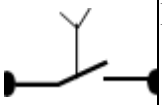
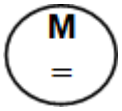
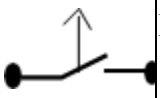
SIMBOL	DENUMIRE	SIMBOL	DENUMIRE
	Cutie de distribuție		Întrerupător simplu (cu o singură clapetă)
	Contor energie		Întrerupător dublu (cu două clapete)
	Siguranță fuzibilă		Întrerupător tip sonerie (cu revenire)
	Siguranță automata		Comutator de capăt
	Traseu cu mai multe conductoare (în acest caz 3)		Comutator de capăt dublu
	Doză de ramificație		Comutator în cruce
	Doză de apparat		Priză simplă

	Lampă electrică cu Incandescență		Priză dublă
	Lampă electrică fluorescent		Priză simplă cu contact de protecție
	Sonerie		

Principalele semne convenționale utilizate în instalațiile electricede acționări electrice sunt reprezentate în **tabelul 3.2.2**.

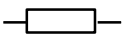
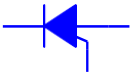
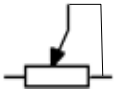
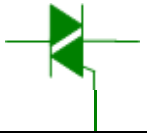
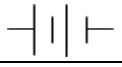
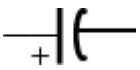
TABEL 3.2.2 Semne convenționale utilizate în instalațiile electrice de acționări

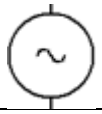
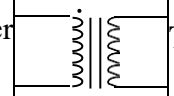
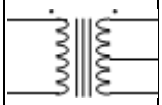
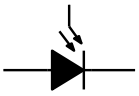
SIMBOL	NOTAȚIE	DENUMIRE	SIMBOL	NOTAȚIE	DENUMIRE
	**B**	Contact normal ***închis*** – buton comandă cu revenire (BO)		**C**	Bobină contactor electromagnetic
	**B**	Contact normal ***deschis*** –buton comandă cu revenire (BP)		**d**	Bobină releu comandă
	**B**	Contact normal deschis – buton comandă cu reţinere		**dt**	Bobină releu de timp
	**B**	Contact normal deschis cu revenire –buton sonerie		**e**	Contact de comandă normal închis - releu termic
	**C**- contact or **d**- releu	Contact de comandă normal închis (contactor, releu)		**a**	Întreruptor pârghie, separator
	**C**- contact or **d**- releu	Contact de comandă normal deschis (contactor, releu)		**C**	Contacte de forţă **ND** (contactor)
	**C**	Contact de comandă – commutator		**e**	Contacte de forţă releu termic

	**Dt**	Contact **NÎ** cu temporizare la acţionare (releu timp)		**m**	Motor de curent alternativ trifazat
	**Dt**	Contact **NÎ** cu temporizare la revenire (releu timp)		**m**	Motor de curent alternativ monofazat
	**Dt**	Contact **ND** cu temporizare la acţionare (releu timp)		**m**	Motor de curent continuu
	**Dt**	Contact **ND** cu temporizare la revenire (releu timp)		**H**	Lampă electrică de semnalizare

Principalele semne convenționale utilizate în circuite electronice sunt reprezentate în **tabelul 3.2.3**.

TABEL 3.2.3 Semne convenționale utilizate în circuite electronice

SIMBOL	NOTAȚIE	DENUMIRE	SIMBOL	NOTAȚIE	DENUMIRE
	**R**	Rezistor electric		**Th**	TIRISTOR
	**P**	Potențiometru		**T**	TRIAC
	L	Bobină		**E**	Sursă de tensiune continuă
	**C**	Condensator nepolarizat	**VCC**	+	Plusul sursei de alimentare
	**C**	Condensator polarizat		-	Punct de masă (-)

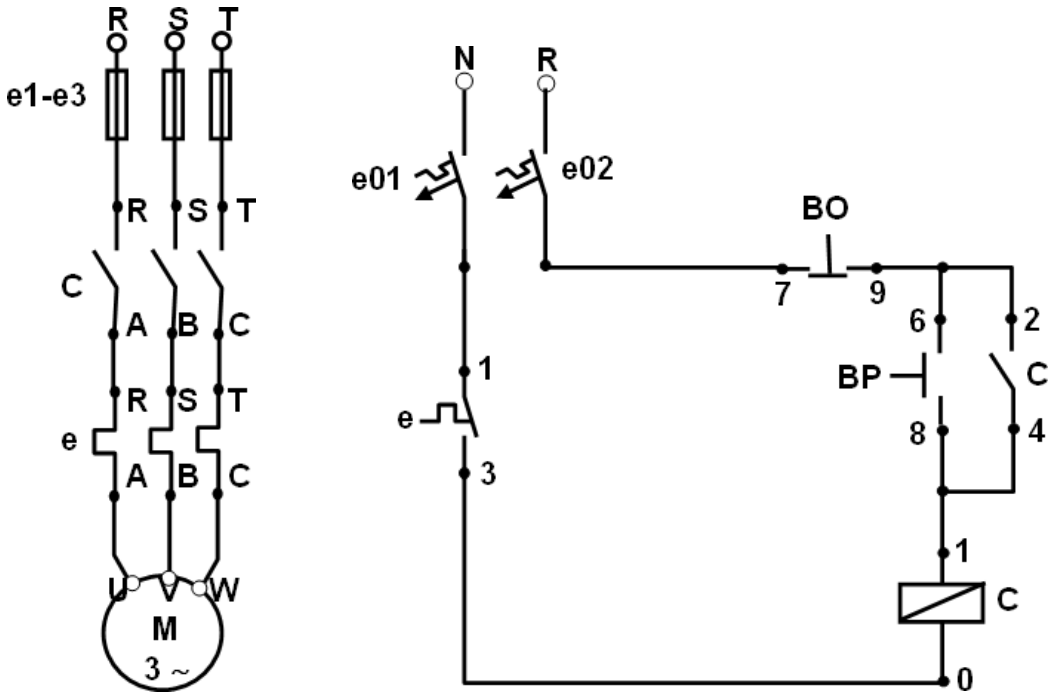
	**D**	Diodă redresoare		**V**	Sursă de tensiune alternativă
	**Dz**	Diodă Zener (stabilizatoare)		**Tr**	Transformator de tensiune
	**D**	Diodă luminiscentă (LED)		**Tr**	Transformator de tensiune cu priză mediană
	**D**	Fotodiodă		**A**	Ampermetru
	**T**	Tranzistor bipolar NPN		**V**	Voltmetru
	**T**	Tranzistor bipolar PNP		**Ω**	Ohmmetru

REALIZAREA SCHEMELOR ELECTRICE.

Schema electrică este un desen care cuprinde elementele unei instalații electrice și legăturile dintre aceste elemente reprezentate prin simboluri grafice.

Clasificarea schemelor electrice.

- **După elementele pe care le conțin:**
  - **Scheme electrice de forță sau principale (fig.3.1 a) –** conțin simbolurile aparatelor și traseele pe care energia circulă de la sursă la consumator;
  - **Scheme electrice de comandă sau auxiliare (fig.3.1 b) –** conțin simbolurile elementelor și dispozitivelor prin care se asigură buna funcționarea a schemelor electrice de forță. Schema electrică de comandă are funcțiile de: **măsură, semnalizare, comandă, protecție, automatizare.**

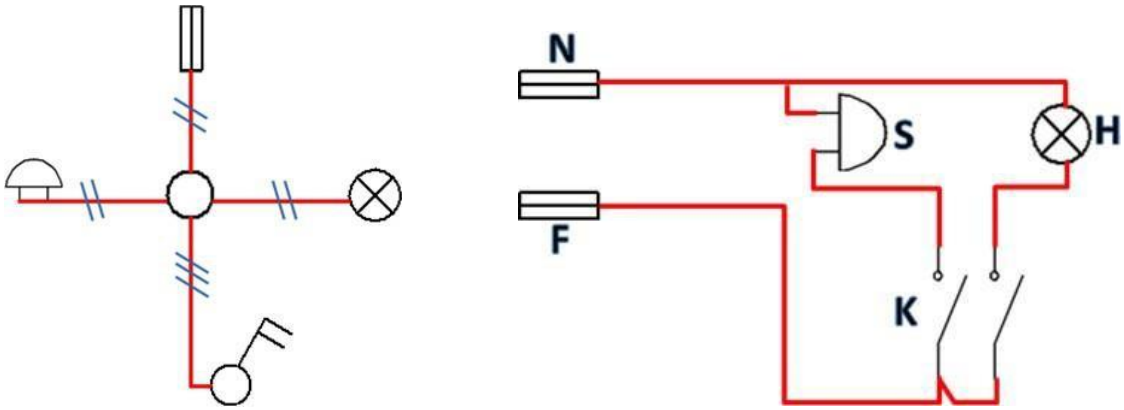


a **b**

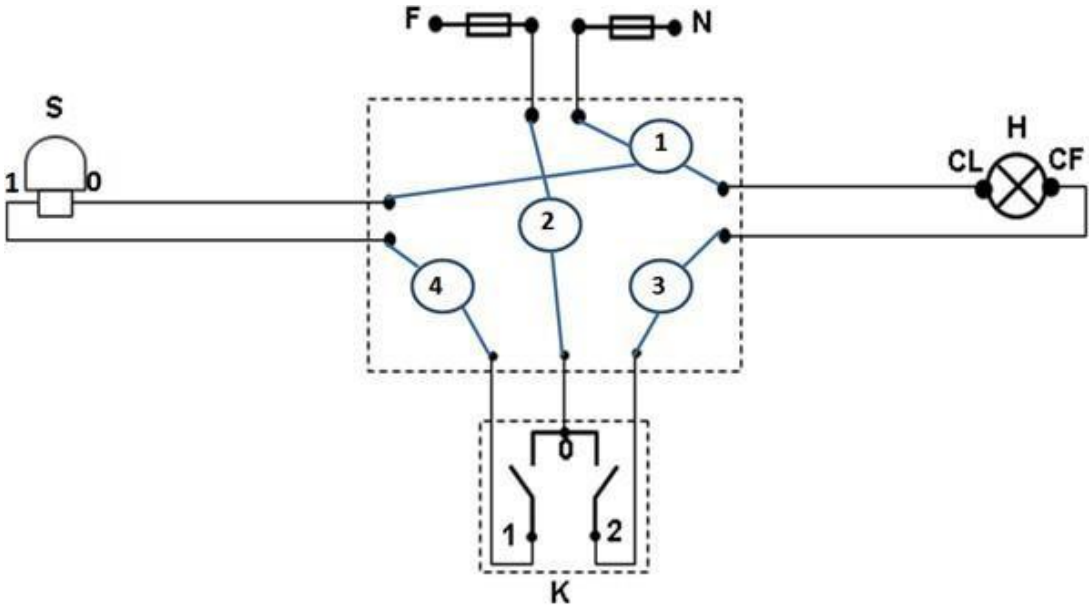
Figura 3.1 Scheme electrice de forță (a) și de comandă (b)

- **După modul de reprezentare:**
  - **Scheme electrice monofilare (fig.3.2 a) –** în care conexiunile dintre aparate se reprezintă pe un singur traseu și care pun în evidență modul principal de racordare a circuitelor;
  - **Scheme electrice desfășurate (fig.3.2 b)** – conțin simbolurile elementele aparatelor instalației electrice dispuse în circuit într-o anumită ordine pentru a înțelege funcționarea schemei;
  - **Scheme electrice de conexiuni (fig.3.2 c) –** în care sunt reprezentate (prin doze de ramificație sau șiruri de cleme) modul de realizare a conexiunilor dintre aparatele electrice ale instalației;

Figura 3.2 Schemele electrice ale unei instalații de iluminat



a **b**



c

CAPITOLUL 4

4. Tehnologia informației și a comunicațiilor

4.1 .Identificarea componentelor hardware și software ale unui calculator personal

Funcționarea unui calculator personal

Calculatorul personal (PC-ul) este un sistem complex alcătuit din mai multe componente care colaborează pentru a prelucra și gestiona informații. Aceste componente se împart în mai multe categorii: unitatea centrală, dispozitivele de intrare și ieșire, memoria și software-ul, toate coordonate de un sistem de operare.

4.1.1. Unitatea centrală (Unitatea de procesare centrală - CPU)

Este creierul calculatorului, responsabil cu executarea instrucțiunilor din programe. Aceasta interpretează comenzile și coordonează activitatea tuturor celorlalte componente. În interiorul unității centrale se află procesorul, placa de bază, memoria RAM, placa video și alte componente esențiale.

4.1.2. Dispozitive de intrare

Acestea permit utilizatorului să introducă date și comenzi în calculator. Cele mai comune dispozitive de intrare sunt:

- Tastatura – folosită pentru introducerea de text;

- Mouse-ul – utilizat pentru controlul cursorului pe ecran;

- Scannerul – permite digitalizarea imaginilor sau documentelor;

- Camera web și microfonul – pentru captarea de imagine și sunet.

4.1.3. Dispozitive de ieșire

Acestea afișează sau redau rezultatele procesării datelor:

- Monitorul – afișează informațiile vizuale;

- Imprimanta – tipărește documente sau imagini;

- Boxele – redau sunetele produse de calculator;

- Căștile – oferă o alternativă personală pentru ieșirea audio.

4.1.4. Memorii

Memoria calculatorului se împarte în două categorii principale:

- Memoria RAM (Random Access Memory) – este memoria volatilă, folosită temporar în timpul rulării programelor. La oprirea calculatorului, datele din RAM se pierd;

- Memoria ROM (Read Only Memory) – conține instrucțiuni de bază necesare pornirii calculatorului;

- Memoria de stocare – reprezintă hard disk-ul (HDD), SSD-ul sau alte unități externe, unde sunt păstrate permanent fișierele și programele.

4.1.5. Conceptul de sistem de operare

Sistemul de operare este un software esențial care face legătura între hardware și utilizator. El gestionează resursele calculatorului și permite rularea altor programe. Exemple de sisteme de operare: Windows, Linux, macOS. Fără un sistem de operare, calculatorul nu poate funcționa eficient.

4.1.6. Tipuri de software

Software-ul reprezintă totalitatea programelor care rulează pe un calculator. Acesta se împarte în:

- Software de sistem – include sistemul de operare și programele care gestionează hardware-ul (ex: drivere;

- Software de aplicație – include aplicațiile utilizate zilnic, cum ar fi Microsoft Word, browserul de internet, jocuri etc;

- Software utilitar – oferă funcții suplimentare, precum antivirusul sau programele de curățare a fișierelor temporare.

4.2. Rețele de calculatoare. Necesitatea securizării calculatoarelor și a rețelelor

Noțiuni generale privind rețelele de calculatoare

O rețea de calculatoare este un ansamblu de două sau mai multe calculatoare interconectate între ele pentru a face schimb de informații și resurse (fișiere, imprimante, conexiune la internet etc.). Prin intermediul rețelelor, comunicarea devine mai rapidă și mai eficientă, atât în mediul profesional, cât și în cel personal.

Scopurile principale ale unei rețele sunt:

- Partajarea resurselor hardware și software;

- Accesul comun la date și informații;

- Comunicarea prin e-mail, mesagerie sau conferințe video;

- Administrarea centralizată a echipamentelor și securității.

Tipuri de rețele

Rețelele de calculatoare se clasifică în funcție de întindere și scop:

- LAN (Local Area Network) – Rețea locală, limitată la o zonă mică, cum ar fi o casă, o școală sau un birou. Este rapidă și sigură;

- MAN (Metropolitan Area Network) – Rețea metropolitană, care acoperă un oraș sau o zonă mai mare decât o LAN. De obicei, este folosită de companii sau instituții mari;

- WAN (Wide Area Network) – Rețea extinsă la nivel național sau internațional. Cea mai cunoscută rețea de acest tip este Internetul;

- WLAN (Wireless LAN) – Rețea locală fără fir, care folosește semnale radio în loc de cabluri pentru conectarea dispozitivelor (Wi-Fi).

Viruși informatici și antiviruși

Un virus informatic este un program malițios conceput pentru a afecta negativ funcționarea unui calculator. Acesta se poate multiplica, răspândi în alte fișiere și poate provoca pierderi de date, încetinirea sistemului sau acces neautorizat la informații.

Tipuri de viruși și amenințări informatice:

- Troieni – Programe care par inofensive, dar conțin cod dăunător;

- Worms (viermi) – Se răspândesc automat prin rețea, fără intervenția utilizatorului;

- Spyware – Spionează activitatea utilizatorului;

- Ransomware – Blochează accesul la date și cere răscumpărare.

Antivirușii sunt programe special concepute pentru a detecta, bloca și elimina virușii. Exemple cunoscute: Avast, Bitdefender, Kaspersky, Windows Defender. Actualizarea constantă a antivirusului este esențială pentru protecția împotriva noilor amenințări.

Concluzie

În era digitală, rețelele de calculatoare joacă un rol esențial în comunicare și accesul la informații. Totodată, securitatea cibernetică este o prioritate, iar folosirea unor programe antivirus eficiente ne protejează datele și echipamentele.

4.2.1. Noțiuni generale privind rețelele de calculatoare

Definiție:

O rețea de calculatoare este un grup de două sau mai multe calculatoare interconectate, care pot comunica între ele și pot partaja resurse (fișiere, imprimante, conexiuni la internet etc.).

4.2.2. Tipuri de rețele

a) LAN (Local Area Network)

Rețea locală care acoperă o zonă mică, cum ar fi o cameră, o clădire sau un campus.

Exemplu: Rețeaua dintr-o firmă mică, unde toate calculatoarele sunt conectate la un singur server.

b) WAN (Wide Area Network)

Rețea extinsă care conectează mai multe rețele locale, la nivel național sau global.

Exemplu: Internetul este cel mai mare exemplu de WAN.

c) MAN (Metropolitan Area Network)

Rețea care acoperă o zonă urbană, mai mare decât LAN, dar mai mică decât WAN.

Exemplu: Rețeaua unui oraș care conectează mai multe clădiri guvernamentale.

d) PAN (Personal Area Network)

Rețea personală, care interconectează dispozitive aflate foarte aproape unul de altul.

Exemplu: Conexiunea Bluetooth dintre un telefon și o pereche de căști wireless.

4.2.3. Viruși informatici și antiviruși

Ce este un virus informatic?

Un program sau cod malițios care se răspândește de la un calculator la altul și poate afecta funcționarea acestora, șterge fișiere sau fura date.

Ce este un antivirus?

Un program care detectează, blochează și elimină virușii informatici.

4.3. Operarea calculatorului la nivel elementar

4.3.1. Navigarea pe internet

Definiție: Navigarea pe internet înseamnă accesarea paginilor web folosind un browser (ex: Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge).

Exemplu practic: Deschizi Google Chrome și scrii în bara de adrese: www.wikipedia.org. Asta te duce direct pe pagina Wikipedia.

Termeni cheie: Browser: Program folosit pentru a accesa pagini web.

Link (hiperlink): Un text sau o imagine pe care poți da clic pentru a merge la o altă pagină web.

URL (Uniform Resource Locator): Adresa unei pagini web (ex: https://www.google.com).

4.3.2. Căutarea de informații pe internet

Definiție: Folosirea motoarelor de căutare pentru a găsi informații.

Dacă vrei să afli informații despre „Sistemul Solar”, scrii în Google: sistemul solar pentru copii și primești o listă de pagini relevante.

Motoare de căutare cele mai populare sunt: Google, Bing, DuckDuckGo, Yahoo.

Sfaturi utile: Folosește ghilimele pentru expresii exacte: "apa este esențială vieții", adaugă un cuvânt cheie precis: referat istorie România 1918 PDF.

4.3.3. Descărcarea de informații de pe internet

Procesul prin care salvezi fișiere (texte, imagini, fișiere PDF, videoclipuri) de pe internet în calculatorul tău.

Exemplu practic: pe un site educațional găsești un fișier cu lecția de biologie în format .pdf, apeși pe „Download” și fișierul se salvează în calculatorul tău în folderul „Descărcări”.

Atenție: Evită descărcarea de pe site-uri nesigure sau cu reclame excesive, asigură-te că ai un antivirus activ.

4.3.4. Comunicarea pe internet prin e-mail sau chat

a) E-mail (poștă electronică) Definiție: trimiterea și primirea de mesaje scrise prin internet, folosind o adresă de e-mail, Exemplu practic: Trimiti un e-mail profesorului cu tema în atașament:

Destinatar: profesor@gmail.com, Subiect: „Tema la istorie” Atașament: tema_istorie.pdf

Servicii populare de e-mail: Gmail, Yahoo Mail, Outlook.

b) Chat (mesagerie instant)

Definiție: Comunicare în timp real între două sau mai multe persoane, prin texte scurte.

Exemplu practic: Vorbești cu un coleg pe WhatsApp, Messenger sau Discord și îl întrebi ce teme sunt pentru mâine. Platforme de chat: WhatsApp, Facebook Messenger, Discord, Telegram, Microsoft Teams (folosit des în școli).

4.4. Editarea textelor și tabelelor. Calcul tabelar. Editare documente

4. 4.1. Editarea textelor – Microsoft Word

Microsoft Word este un program folosit pentru redactarea și editarea de documente (referate, rapoarte, CV-uri etc.).

Operații de bază:

- Scriere și formatare text: alegerea fontului, dimensiunii, culoarea textului;

- Alinierea textului: la stânga, dreapta, centru sau justificat;

- Inserare elemente: imagini, tabele, forme, antet și subsol;

- Salvare document: ca .docx (document editabil) sau .pdf (document fix).

Exemplu practic: Redactezi un referat la biologie, inserezi titlul cu litere mari și aliniere pe centru, apoi adaugi o imagine cu un organ al corpului uman.

4.4.2. Tabele și calcul tabelar – Microsoft Excel

Microsoft Excel este un program folosit pentru crearea de tabele și realizarea de calcule automate.

Elemente de bază: Celule:

- unde se introduc date (numere, text);

- Rânduri și coloane: structura tabelului;

- Formule: ex: =SUM(A1:A5) adună valorile din celulele A1 până la A5;

- Funcții utile: SUM() – adunare, AVERAGE() – medie, IF() – condiții logice, MAX(), MIN() – cel mai mare/mic număr.

Exemplu practic: Faci un tabel cu notele la matematică ale elevilor și calculezi media fiecăruia cu formula =AVERAGE(B2:E2).

4.4.3. Prezentări – Microsoft PowerPoint

Microsoft PowerPoint este folosit pentru realizarea de prezentări (lecții, proiecte, rapoarte).

Caracteristici principale:

- Slide-uri: fiecare pagină este un slide nou;

- Inserare: text, imagini, grafice, videoclipuri, animații;

- Teme și tranziții: pentru un aspect vizual atractiv;

- Mod de prezentare: vizualizare în fața unui public (cu proiector sau online).

Exemplu practic: Realizezi o prezentare despre „Planetele Sistemului Solar”, cu câte un slide pentru fiecare planetă, adaugi poze și efecte de apariție pentru text.

4.4.4. Comparativ între Word, Excel și PowerPoint

Program	Scop principal	Exemple de utilizare
Word	Scriere și editare text	Referate, CV-uri, rapoarte
Excel	Tabele și calcule	Bugete, notare elevi, statistici
PowerPoint	Prezentări vizuale	Lecții, proiecte, prezentări orale

CAPITOLUL 5

5. Noțiuni generale de electricitate, electrotehnică și câmp magnetic

5.1 Noțiuni generale de electricitate – Mărimi electrice. Circuite electrice. Măsurări electrice

5.1. 1. Noțiuni generale de electricitate

Electricitatea este o formă de energie produsă de mișcarea electronilor printr-un conductor (ex: fir de cupru). Ea este prezentă în viața noastră de zi cu zi: aprindem becuri, folosim telefoane, electrocasnice etc.

5.1. 2. Mărimi electrice de bază

Mărime	Simbol	Unitate de măsură	Descriere simplă
Tensiune	U	Volt (V)	„Presiunea” cu care curentul este împins
Curent electric	I	Amper (A)	Cât de multă energie circulă prin fir
Rezistență	R	Ohm (Ω)	Opoziția întâmpinată de curent
Putere	P	Watt (W)	Câtă energie este consumată sau generată

Exemplu simplu:

Un bec de 60W la 220V consumă mai multă energie decât unul de 10W. Tensiunea din priză în România este de 230V.

5.1. 3. Circuite electrice

Circuit electric = ansamblul de componente legate între ele, prin care circulă curentul electric.

Tipuri de circuite:

- Serie: componentele sunt legate una după alta – dacă o componentă se strică, tot circuitul se oprește;

- Paralel: componentele sunt legate în ramuri – dacă o ramură se strică, celelalte continuă să funcționeze.

Exemplu practic:

Instalațiile de Crăciun ieftine au circuit în serie – dacă un bec se arde, toată instalația se oprește. Instalațiile mai bune folosesc circuit paralel.

5.1. 4. Măsurări electrice

Pentru a măsura mărimile electrice, folosim aparate speciale:

Ce măsurăm	Cu ce măsurăm
Tensiunea (V)	Voltmeter
Curentul (A)	Ampermetru
Rezistența (Ω)	Ohmmetru
Toate 3 + altele	Multimetru digital

Exemplu practic:

Cu un multimetru, poți verifica dacă o baterie de 1.5V mai funcționează sau dacă un fir este întrerupt.

5.1.5. Reguli de siguranță

Reguli de siguranță:

- Nu atinge echipamente electrice cu mâinile ude;

- Nu folosi aparate defecte;

- Scoate din priză echipamentele înainte de a le curăța;

- Folosește siguranțe automate (în tabloul electric).

5.2. Noțiuni de electrotehnică. Câmpul magnetic

5.2.1. Noțiuni generale de electrotehnică

Electrotehnica este ramura fizicii și a ingineriei care studiază proprietățile și aplicațiile curentului electric, tensiunii, câmpului electric și magnetic, în circuite și dispozitive electrice.

5.2.2. Terminologie și definiții de bază

Termen	Definiție simplă
Curent electric	Mișcarea ordonată a electronilor într-un conductor
Tensiune	Forța care împinge curentul printr-un circuit

Rezistență	Opoziția pe care o întâlnește curentul electric în conductor
Câmp electric	Zona în care o sarcină electrică exercită forțe asupra altor sarcini
Câmp magnetic	Zona din jurul unui magnet sau a unui conductor cu curent, în care apar forțe
Inducție magnetică	Crearea unui curent electric într-un conductor aflat într-un câmp magnetic variabil
Autoinducție	Fenomenul în care un conductor generează tensiune în el însuși, din cauza variației curentului

5.2.3. Câmpul magnetic

Câmpul magnetic este zona din jurul unui magnet sau a unui fir parcurs de curent electric, unde se manifestă forțe magnetice.

Reprezentare:

- Liniile câmpului ies din polul nord și intră în polul sud;

- Câmpul magnetic este mai puternic acolo unde liniile sunt mai apropiate.

Exemplu practic:

Când apropii un ac de busolă de un fir prin care trece curent, acul se abate – acesta este un efect al câmpului magnetic generat de curent.

5.2.4. Principii de funcționare – Legea lui Faraday (Inducția electromagnetică)

Legea lui Faraday: O tensiune electrică este indusă într-un conductor atunci când acesta este traversat de un câmp magnetic variabil.

Exemplu practic: Într-un dinam de bicicletă, atunci când roata se învârte și antrenează un magnet, acesta creează un câmp magnetic variabil care induce curent în bobină → aprinde becul.

5.2. 5. Inducția electromagnetică

Definiție: Crearea unei tensiuni electrice într-un conductor datorită variației câmpului magnetic care îl traversează.

Aplicații: Generatoare electrice, Transformatoare, Inductori.

5.2.6. Autoinducția

Definiție: Fenomenul prin care o variație a curentului într-un conductor produce un câmp magnetic care, la rândul său, induce o tensiune chiar în acel conductor.

Exemplu simplu:

Când oprești brusc curentul într-un circuit cu o bobină, apare o tensiune de autoinducție care poate provoca scântei.

5.2.7. Aplicații în viața reală

Fenomen	Unde apare în viață?
Câmp magnetic	Motor electric, magnet, electromagnet
Inducție	Generator de curent, încărcătoare wireless
Autoinducție	Bobine din motoarele auto, surse de tensiune

5.3. Elementele componente ale bobinelor

Elementele componente ale bobinelor. Terminologie. Definiții

5.3. 1. Ce este o bobină

Bobina (numită și inductor) este un component electric pasiv, realizat dintr-un fir conductor înfășurat în spirale, care are rolul de a genera un câmp magnetic sau de a stoca energie magnetică atunci când este străbătută de curent electric.

5 .3.2. Elemente componente ale unei bobine

Componentă	Descriere
Fir conductor	De obicei din cupru; este înfășurat sub formă de spire (bobine)
Spire	Înfășurările firului; pot fi puține (pentru curent mare) sau multe
Miez (opțional)	Material pe care este înfășurat firul (aer, ferită, fier) – influențează puterea câmpului magnetic
Carcasă (opțional)	Protejează bobina – mai ales în aplicații industriale sau electronice
Borne de conectare	Punctele prin care bobina este legată într-un circuit electric

5.3. 3. Terminologie și definiții importante

Termen	Definiție simplă
Inductanță (L)	Capacitatea bobinei de a opune schimbărilor de curent (se măsoară în Henrî – H)
Spiră	O înfășurare completă a firului în jurul miezului
Miez magnetic	Material (ferită, fier etc.) care amplifică câmpul magnetic produs
Autoinducție	Tensiunea generată în bobină de variația curentului propriu
Reactanță inductivă	Opoziția bobinei la curentul alternativ (crește cu frecvența)

5.3.4. Clasificarea bobinelor (după miez)

Tip bobină	Caracteristici
Cu miez de aer	Simplă, folosită în frecvențe înalte
Cu miez de ferită	Are pierderi reduse, frecvent folosită în electronice
Cu miez de fier	Produce câmp magnetic puternic,

folosită în transformatoare sau motoare

5.3. 5. Aplicații practice ale bobinelor

Motoare electrice – creează câmpuri magnetice care pun în mișcare axul motorului

Transformatoare – transferă energie electrică prin inducție

Surse de alimentare – filtrează tensiunea

Radiouri și emițătoare – pentru acord și filtrare a semnalelor

Sisteme de aprindere auto – generează tensiuni înalte pentru scânteie

5.4. Scheme de bobinaj

5.4. 1. Scheme de bobinaj

Schemele de bobinaj sunt reprezentări grafice (desene tehnice) care arată cum trebuie înfășurat firul conductor pe un miez magnetic, pentru a forma o bobină.

Ce conțin schemele: Numărul de spire, Tipul de miez (ferită, fier, aer), Direcția de înfășurare (la dreapta sau la stânga), Puncte de legătură (borne de început și sfârșit), Poziția înfășurărilor (straturi, secțiuni).

5.4. 2. Prezentarea desenelor de repere

Desenele de repere sunt folosite în fabricația industrială pentru a arăta exact:

- Dimensiunile bobinei și ale miezului;

- Locul unde se aplică fiecare înfășurare;

- Materialele folosite (tipul firului, izolația etc.);

- Schema electrică asociată;

- Sunt esențiale pentru muncitorii care bobinează manual sau asistat automat.

5.4. 3. Caracteristicile înfășurărilor

Curent continuu (DC):

- Bobinele funcționează cu tensiune constantă;

- Nu apar pierderi prin inducție la schimbări de frecvență;

- Sunt folosite în motoare DC, electromagneți.

Curent alternativ (AC):

- Trebuie să reziste la frecvențe variabile;

- Apar efecte ca: autoinducția, pierderile în miez (efectul Joule, efectul pelicular);

- Se folosesc în: transformatoare, inductori, motoare AC.

5.4. 4. Tipuri de bobine după modul de înfășurare

Bobine concentrate:

- Toate spirele sunt adunate într-un singur punct (pe un singur nucleu);

- Câmpul magnetic este puternic și bine direcționat;

- Ușor de realizat: Folosite în: inductori, filtre, aplicații simple.

Bobine distribuite:

- Spirele sunt repartizate pe mai multe ramuri ale miezului;

- Câmpul magnetic este mai uniform;

- Mai eficiente în motoare și transformatoare de putere.

5.4. 5. Bobine după fazele de funcționare

Bobine monofazate:

- Funcționează cu curent monofazat (o singură fază);

- Simplitate în construcție;

- Se găsesc în: electrocasnice, ventilatoare, unele motoare.

Bobine polifazate:

- Funcționează cu curent trifazat (3 faze, utilizat în industrie);

- Permit obținerea de câmpuri magnetice rotative;

- Folosite în: motoare trifazate, generatoare mari, transformatoare industriale;

Tabel recapitulativ:

Tip bobină	Caracteristici principale	Aplicații comune
Concentrată	Spire într-un singur loc	Filtre, inductori
Distribuită	Spire împărțite pe mai multe ramuri	Motoare, generatoare
Monofazată	Curent pe o singură fază	Motoare mici, electrocasnice
Polifazată	Curent trifazat (câmp rotativ)	Motoare industriale, sisteme de putere.

CAPITOLUL 6

6. MATERIALE ELECTROTEHNICE

6.1. Conductori electrici

Conductorii sunt materiale care permit trecerea curentului electric cu ușurință, datorită prezenței electronilor liberi. Aceste particule se pot deplasa rapid prin material atunci când se aplică o diferență de potențial (tensiune).

În termeni simpli:

Conductoarele sunt „drumuri libere” pe care circulă electronii fără prea multă rezistență.

6.1.1.Structura atomică a conductorilor

- Atomii din conductori (de obicei metale) au 1–3 electroni în stratul exterior,
- Acești electroni de valență se desprind ușor și formează un „nor” de electroni liberi,
- Acest „nor” permite curgerea curentului când se aplică o tensiune.

6.1.2 Proprietăți esențiale ale conductorilor:

1. Conductivitate electrică ridicată – curentul circulă cu pierderi minime.
2. Conductivitate termică bună – conduc și căldura eficient.
3. Ductilitate – pot fi trași în fire subțiri fără să se rupă.
4. Rezistență electrică scăzută – se opun foarte puțin curentului.
5. Luciu metalic – aspect caracteristic datorită interacțiunii cu lumina.

Conductivitatea poate fi afectată de **temperatură** – majoritatea conductorilor își **măresc rezistența** când temperatura crește.

Unele materiale (ex: **superconductori**) devin **perfect conductori** la temperaturi extrem de scăzute → rezistență = 0!

Argintul e cel mai bun conductor cunoscut, dar e prea scump pentru uz general. De aceea, **cuprul** este standardul industrial.

6.1.3 Semiconductori electrici

Semiconductori = materiale care au conductivitate electrică intermediară între conductori (ex: cupru) și izolatori (ex: plastic).

Ei nu conduc bine în mod natural, dar pot fi transformați în buni conductori în anumite condiții (căldură, lumină, impurități, tensiune).

6.1.4. Cum devin conductori?

Factori care îi fac să conducă:

1. **Încălzire** – energia termică „eliberează” electroni → se pot mișca.
2. **Dopaj** (impurități introduse controlat):
   - Se introduc atomi cu **mai mulți** sau **mai puțini electroni** decât atomii gazdei.
3. **Radiație** (fotoni, lumină) – folosită în celule solare.
4. **Tensiune electrică** – forțează mișcarea electronilor.

6.1.5. Tipuri de semiconductori

1. Semiconductori intrinseci = puri

- Ex: **Siliciu (Si)**, **Germaniu (Ge)**
- Conductivitate mică → crește odată cu temperatura

2**.** Semiconductori extrinseci = dopați

➤ Tip n (negativ):

- Dopaj cu elemente din grupa V (ex: fosfor, arsenic),
- Se adaugă electroni → **transportul se face prin electroni**.

➤ Tip p (pozitiv):

- Dopaj cu elemente din grupa III (ex: bor, galiu),
- Se creează „goluri” (lipse de electroni) → **transport prin goluri**.

P și N sunt baza **tuturor componentelor electronice moderne**.

6.1.6. Structura atomică

- Fiecare atom are **4 electroni de valență** (ex: **siliciu** și **germaniu**),
- Într-un cristal pur (semiconductor „intrinsec”), atomii formează o **rețea covalentă** stabilă → **nu sunt electroni liberi** = **nu conduce** bine.

6.1.7. Proprietăți importante

Proprietate	**Semnificație**
Conductivitate variabilă	Poate fi controlată (dopaj, tensiune)
Efect fotoelectric	Produc curent sub lumină
Efect thermoelectric	Produc tensiune la încălzire
Comutare rapidă	Trecere între conducere și izolare

6.2. Conductoare (cupru, aluminiu, cositor, alama, oțel)

Exemple de materiale conductoare:

Material	Conductivitate relativă	Utilizare principală
Argint (Ag)	🥇 Cea mai bună	Circuite de precizie, conectori
Cupru (Cu)	Excelentă	Cabluri electrice, transformatoare
Aur (Au)	Foarte bună	Conectori de înaltă fiabilitate
Aluminiu (Al)	Bună și ușor	Linii de înaltă tensiune, cabluri
Fier, oțel	Moderată	Bobine, magneți electrici
Grafit	Bună	Perii pentru motoare, contacte electrice

6.2.1. Aplicații practice ale conductorilor:

În electricitate:

- Cabluri electrice (cupru, aluminiu),
- Împământări și bare de distribuție,
- Bobine în motoare și transformatoare.

În electronică:

- Plăci de circuite imprimate (PCB) – trasee din cupru,
- Conectori aurii – în echipamente de mare precizie,
- Folosirea grafitului – la perii pentru motoare CC.

Alte utilizări:

- Senzori termici (termocupluri din metale diferite),
- Sudură electrică (folosește curentul pentru a topi metale).

6.2.2. Componente realizate din semiconductori

1. **Diodă** – lasă curentul să treacă într-o singură direcție
2. **Tranzistor** – comutator sau amplificator de semnal
3. **LED** – diodă care emite lumină
4. **Fotodiodă** – produce curent sub lumină
5. **Circuit integrat (chip)** – milioane de tranzistori pe o plăcuță de siliciu

6.2.3. Aplicații în viața reală

Sunt „inima” tuturor dispozitivelor moderne:

- Telefoane mobile
- Calculatoare
- Televizoare și ecrane

- Panouri solare
- Mașini electrice
- Sisteme medicale

Siliciul (Si) este cel mai folosit semiconductor deoarece:

- Este **ieftin** (se extrage din nisip),
- Are **stabilitate termică** mare,
- Este ușor de dopat.

6.3. Materiale izolatoare (materiale plastice, textile, lemn, cauciuc siliconic, mica, sticlă, ceramică)

Sunt materiale care nu permit trecerea curentului electric, pentru că electronii sunt puternic legați de atomii lor.

Exemple:

- Plastic, cauciuc, sticlă, ceramică, porțelan,
- Aer (până la o anumită tensiune),
- Lemn uscat, hârtie impregnate cu ulei.

6.3.1. Proprietăți:

- Rezistență electrică foarte mare,
- Protejează împotriva șocurilor electrice,
- Nu se încălzesc semnificativ sub curent normal.

6.3.2. Aplicații:

- Mânere de scule electrice ,
- Izolația firelor și cablurilor ,
- Suporturi de transformator, carcase de echipamente.

6.3.3. Comparatie – tabel simplu

Proprietate	**Conductori**	**Semiconductori**	**Izolatori**
Conductivitate	Foarte mare	Variabilă	Foarte mică
Electroni liberi	Mulți	Putini/modificabili	Foarte puțini
Exemplu	Cupru, aluminiu	Siliciu, germaniu	Plastic, sticlă

6.4. Materiale cu utilizari speciale

6.4.1. Silicon (etansant sau electronic)

Este material sintetic (polimer) cu consistență de gel sau pastă → elastic, impermeabil, rezistent la temperaturi.

Utilizări:

- Izolare și etanșare: în electronice (plăci de bază, carcase), instalații sanitare, ferestre,
- Silicon termic: uneori confundat cu pasta termoconductoare, dar nu conduce bine căldura.

Precauții:

- Folosește mănuși la aplicare, lasă-l să se întărească complet (24 h),
- Nu-l folosi în zone unde ai nevoie de conductivitate electrică (e izolator!).

6.4.2. Pastă termoconductoare (thermal paste)

Este o substanță cu particule metalice sau ceramice, aplicată între procesor și radiator pentru a conduce căldura eficient.

Utilizări:

- Răcirea componentelor: CPU, GPU, tranzistori de putere,
- Se aplică în strat subțire și uniform pentru eficiență maximă.

Precauții:

- Unele variante sunt conductive electric → atenție să nu atingă pini sau circuite,
- Aplică doar cât e necesar – prea mult = contraproductiv.

6.4.3. Spray-uri tehnice

Exemple:

- Spray contact electric – curăță și degresează contacte electrice,
- Spray siliconic – lubrifiere și protecție pentru plastice, cauciuc,
- Spray răcire rapidă – scade brusc temperatura la testarea componentelor,
- Spray curățare PCB – pentru plăci electronice.

Utilizări:

- Întreținere echipamente electronice și electrice,
- Testare și depanare.

Precauții:

- Ventilează bine zona, nu inhala vaporii,
- Sunt inflamabile! Nu folosi lângă flacără sau echipamente în funcțiune.

6.4.4. Clorura ferică ($FeCl_3$)

Este sare corozivă, folosită în soluție apoasă pentru atac chimic (corodare) a cuprului**.**

Utilizări:

- Gravarea (etching) plăcilor de circuite imprimate (PCB),
- Poți „desena" traseele pe plăci cu o mască, apoi le scufunzi în $FeCl_3$ → dizolvă cuprul expus.

Precauții:

- Corozivă! Poartă ochelari, mănuși, folosește tăvi de plastic,
- Nu arunca la canal – trebuie colectată corespunzător.

6.4.5. Soda caustică (hidroxid de sodiu – NaOH)

Este o substanță chimică foarte alcalină și reactivă → folosită ca degrasant, decapant sau în curățare industrială.

Utilizări:

- În electronice: pentru curățarea stratului de protecție la gravarea cu clorură ferică,
- În curățarea țevilor, fabricarea săpunurilor.

Precauții:

- Extrem de corozivă! Poartă echipament complet de protecție (ochelari, mască, mănuși),
- Reacționează violent cu apă → adaugă întotdeauna soda în apă, nu invers!

6.4.6. Antigel (cu etilen glicol sau propilen glicol)

Este un lichid care scade punctul de îngheț și crește punctul de fierbere al apei → protejează instalațiile de temperaturi extreme.

Utilizări:

- Sisteme de răcire auto,
- Răcirea echipamentelor industriale sau a sistemelor de calcul cu răcire pe lichid (water cooling),
- Uneori folosit și în sisteme solare.

Precauții:

- Toxic (etilen glicol) – nu inhala, nu ingera!
- Se degradează în timp → trebuie înlocuit periodic**.**

6.4.7. Concluzie comparativa:

Material	**Utilizare principal**	**Precauții principale**
Silicon	Izolație, etanșare	Nu conduce electric, nu inhala

Material	Utilizare principal	Precauții principale
Pastă termică	Transfer de căldură (CPU, GPU)	Aplicare precisă, unele sunt conductive
Spray ethnic	Curățare, lubrifiere, răcire	Inflamabil, ventilație bună
Clorură ferică	Corodare plăci PCB	Coroziv, protecție totală
Sodă caustică	Curățare, decapare	Extrem de coroziv, mască+ochelari
Antigel	Răcire instalații, auto, PC	Toxic, se înlocuiește periodic

6.5. Rezistorul

Un rezistor este un component electric care se opune trecerii curentului electric, producând o cădere de tensiune.
Este folosit pentru a limita curentul, diviza tensiunea, proteja circuitele și stabiliza semnalele.

Formula de bază:

$$R = \frac{U}{I}$$

Unde:

- R = rezistența (ohmi, Ω),
- U = tensiune (volți, V),
- I= curent (amperi, A)

6.5.1. Clasificarea rezistoarelor

După valoare:

Tip	Descriere
Rezistoare fixe	Au o valoare constantă (ex: 100 Ω)
Rezistoare variabile	Valoarea se poate regla manual

Exemple: potențiometre, trimeri.

După material de fabricație:

Tip	Caracteristici principale
Cu peliculă de carbon	Ieftine, toleranță mare, uz general
Cu peliculă metalică	Precizie mai bună, zgomot redus
Cu sârmă bobinată	Puteri mari, disipă căldură bine
Cu peliculă de oxid metalic	Mai stabile termic

După puterea disipată:

Putere nominală	Utilizare
0,125 W – 0,5 W	Electronice mici
1 W – 5 W	Circuite de putere

Putere nominală	Utilizare
> 5 W	Echipamente industrial

6.5.2. Construcția rezistorului

Indiferent de tip, majoritatea rezistoarelor au următoarele părți:

a) Element rezistiv (materialul activ)

Materialul care determină valoarea rezistenței. Poate fi:

- Carbon (rezistoare cu peliculă de carbon),
- Metal (peliculă metalică sau sârmă rezistivă),
- Oxid metalic (pentru stabilitate la temperaturi mari).

Acesta transformă energia electrică în căldură, ceea ce limitează curentul.

b) Suport (miez, substrat)

- De obicei este ceramic (material izolator și termorezistent),
- Are rol de susținere mecanică și de izolare electrică.

c) Terminale (pini)

- Din cupru placat (cu cositor, nichel sau aur),
- Asigură conexiunea electrică în circuit (sunt capetele pe care le legi).

d) Strat de protecție / înveliș

- Poate fi din email, lac, plastic sau rășină epoxidică,
- Rol:
  - Protecție mecanică (loviri, zgârieturi),
  - Izolare electrică (împotriva scurtcircuitelor),
  - Protecție împotriva umidității și coroziunii.

e) Marcajul valorii

- Sub formă de benzi colorate (codul culorii) sau inscripție directă (la SMD),
- Indică valoarea rezistenței, toleranța și uneori coeficientul termic.

i. Marcarea rezistenței – codul culorilor

- Majoritatea rezistorilor mici sunt marcați cu **benzi colorate**, care indică:
- **4 benzi:**

Banda	Ce indică
1	Prima cifră
2	A doua cifră

Banda	Ce indică
3	Multiplicatorul (numărul de zerouri)
4	Toleranța (ex: ±5%)

- **Exemplu:**
- **Roșu – Violet – Maro – Auriu** → 2 – 7 – ×10 = **270 Ω ±5%**
- **Cod culori:**

Culoare	Cifră	Multiplicator	Toleranță
Negru	0	×1	
Maro	1	×10	±1%
Roșu	2	×100	±2%
Portocaliu	3	×1.000	
Galben	4	×10.000	
Verde	5	×100.000	±0,5%
Albastru	6	×1.000.000	±0,25%
Violet	7	$\times 10^7$	±0,1%
Gri	8	$\times 10^8$	±0,05%
Alb	9	$\times 10^9$	
Auriu		×0,1	±5%
Argintiu		×0,01	±10%
Fără			±20%

ii. Construcții specifice în funcție de tipul de rezistor

a) Rezistor cu peliculă de carbon (foarte comun în circuite generale)

- Un strat subțire de carbon este aplicat pe un cilindru ceramic,
- Se taie în spirală pentru a regla rezistența (lungimea căii parcurse de curent),
- Se acoperă cu un strat protector și se inscripționează cu codul culorilor.

Avantaj: ieftin
Dezavantaj: toleranță mare, zgomot electric ridicat

b) Rezistor cu peliculă metalică

- Peliculă subțire de nichel-crom sau alte aliaje este depusă pe miez ceramic,
- Foarte precis și stabil, mai ales în medii sensibile la variații de temperatură.

Utilizat în aparatură medicală, de laborator, telecomunicații.

c) Rezistor bobinat (cu sârmă)

- Sârmă rezistivă (ex: nichelina) bobinată pe un suport ceramic,
- Capabil să dissipeze puteri mari (1 W până la sute de W).

Se folosește acolo unde e nevoie de rezistență la curent mare și temperatură.

d) Rezistoare SMD (montaj de suprafață)

- Miniaturizate, fără terminale „ieșite”,
- Fixate direct pe plăci de circuite imprimate (SMT),
- Construcție plană: peliculă depusă pe substrat ceramic, apoi acoperită cu protecție.

Avantaj: dimensiune redusă, ideal pentru electronice moderne (telefoane, laptopuri)

6.5.3. Influența construcției asupra funcționării

Caracteristică	**Influențată de…**	**Efect**
Precizia valorii	Tipul materialului + fabricație	Valoare exactă sau aproximativă
Stabilitate termică	Material, protecție, dimensiune	Variație mică la temperatură
Puterea suportată (W)	Dimensiune + material	Rezistența la încălzire
Zgomot electric	Tip peliculă (carbon vs metal)	Afectează semnalele sensibile
Durata de viață	Protecție + calitate construcție	Rezistență în timp

Construcția unui rezistor influențează direct performanța lui electrică, rezistența în timp și aplicația unde poate fi folosit.

6.6. Condensatoare

Un condensator este un component electric pasiv care stochează energie sub formă de câmp electric între două plăci conductoare separate de un material izolator (numit dielelectric).

Se folosește în:

- Filtrare (redresoare),
- Cuplare / decuplare de semnal,
- Stabilizare tensiune,
- Corectarea factorului de putere.

Mărimea principală: capacitatea electrică (C)

$$C = \frac{Q}{U} \quad [\text{Farad}]$$

Unde:

- C = capacitatea (Farad, F),
- Q = sarcina electrică (Coulomb),
- U = tensiunea (Volt)

Capacitățile cele mai comune în circuite electronice: pF, nF, µF.

6.6.1. Clasificarea condensatoarelor

a) După modul de funcționare:

Tip	Caracteristici principale
Condensatoare fixe	Capacitate constantă
Condensatoare variabile	Capacitate reglabilă manual sau automat

b) După tipul dielectricului (materialul izolator):

Tip condensator	Dielectric	Caracteristici principale
Ceramic	Ceramic (oxid metalic)	Mic, rapid, ieftin, folosit la filtrare
Electrolitic (polarizat)	Oxid metalic + electrolit	Capacități mari, dar polarizat
Tantal	Oxid de tantal	Precis, stabil, mai mic decât electrolitic
Folie (poliester, polipropilenă etc.)	Plastic	Stabil, nepolarizat, folosit la audio
Mică	Mică naturală	Extrem de stabil, uz RF (radiofrecvență)
Variabil	Aer, plastic, ceramic	Folosit în radio, acorduri fine

6.6.2. Construcția condensatorului

Toate condensatoarele au 3 componente esențiale:

1. Armături (plăci)

- Sunt două suprafețe conductoare (din aluminiu, cupru sau tantal),
- Rol: rețin sarcina electrică.

2. Dielectric

- Material izolator între plăci → stochează câmpul electric.
- Poate fi: aer, ceramică, oxid metalic, folie plastică, hârtie impregnată.

3. Carcasă / înveliș

- Protejează condensatorul de umiditate, șocuri, variații termice.
- Materiale: plastic, aluminiu, epoxy.

Exemple:

Condensator ceramic:

- Discuri plate subțiri cu terminale axiale.
- Capacități mici (pF–nF), nepolarizate.

Condensator electrolitic:

- Cilindric, cu polaritate (+/-),
- Capacități mari (1µF – mF),
- Conectat corect: plus la plus, minus la minus!

Condensator SMD:

- Miniaturizat, montaj de suprafață,
- Coduri scrise, fără benzi colorate.

6.6.3. Marcarea condensatoarelor

a) Condensatoare axiale (discuri ceramice, folie):

- Marcaj cu 3 cifre:
  Ex: 104 = 10 + 4 zerouri = 100.000 pF = 100 nF

Cod	Valoare
101	100 pF
221	220 pF
472	4.700 pF
104	100.000 pF (100 nF)

b) Condensatoare electrolitice:

- Valoarea este scrisă direct pe corp (µF și tensiune maximă admisă)

Exemplu:
1000µF 25V → condensator de 1000 microfarazi, max 25 volți.

Atenție la polaritate: sunt marcați cu o dungă sau semnul „-” pe pinul negativ!

c) Condensatoare SMD (de suprafață):

- De obicei, nu sunt marcate vizibil (doar coduri pentru producători),
- Valoarea este identificată din fișa tehnică (datasheet).

Toleranță și tensiune de lucru

- Toleranța: cât de aproape este valoarea reală de cea marcată (±10%, ±5%, ±1%)
- Tensiunea maximă: tensiunea peste care dielectricul cedează → condensatorul se poate sparge/exploda!

6.6.4. Aplicații ale condensatoarelor

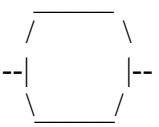
Funcție	Tip condensator utilizat
Filtrare tensiune	Electrolitic + ceramic
Blocare semnal DC	Ceramic / folie

Funcție	Tip condensator utilizat
Cuplare/decuplare	Ceramic, tantal
Corectare factor putere	Electrolitic, folie
Oscilatoare / RC-timer	Ceramic / variabil
Memorie temporară	Supercondensatori (GoldCap)

Condensatorul este un component pasiv esențial în electronică, iar materialul dielectric, forma și marcajul determină comportamentul său într-un circuit.

6.7. Bobine

O bobină (sau inductor) este un component electric pasiv format dintr-un fir conductor înfășurat într-o spirală.
Are proprietatea de a opune variațiilor de curent și de a stoca energie în câmp magnetic.



Mărimea principală: Inductanța (L) $L = \frac{\Phi}{I} \quad [H]$

Unde:

- L= inductanța (Henri, H),
- Ø= fluxul magnetic (Weber),
- I = curentul electric (A)

Valori uzuale: µH (microhenri), mH (milihenri)

6.7.1. Construcția unei bobine

Componente de bază:

Componentă	Descriere
Fir conductor	De obicei cupru emailat (izolat cu lac subțire)
Miez	Aer, fier, ferită, ferrit sau alte materiale magnetice
Carcasă	Uneori prezentă, pentru protecție sau montaj
Terminale	Pini pentru conectarea în circuit

6.7.2. Tipuri de bobine (după miez):

Tip bobină	Caracteristici
Cu miez de aer	Răspuns rapid, uz RF (radio)
Cu miez de ferită	Bună pentru frecvențe joase / medii, inductanță mare
Cu miez de fier laminat	Uz industrial, filtre, transformatoare

Tipuri de înfășurare:

- Axială – înfășurare clasică, cu pini ieșiți
- Toroidală – fir înfășurat pe un miez inelar, cu pierderi reduse
- SMD (montaj de suprafață) – miniaturizate, pentru circuite moderne

Marcarea bobinelor

a) Marcaj numeric (similar condensatoarelor):

- Exemplu: 472 = 47 × 10^2 = 4700 µH = 4,7 mH

Cod	Inductanță
100	10 µH
221	220 µH
473	47.000 µH (47 mH)

b) Coduri de culoare (mai rar întâlnite azi):

Culoare	Cifră	Multiplicator
Negru	0	×1
Maro	1	×10
Roșu	2	×100
Portocaliu	3	×1.000
...	...	...

c) SMD – bobinele de suprafață

- Marcaj codificat sau nicio inscripție → identificarea exactă se face cu datasheet-ul.

6.7.3. Utilizarea bobinelor

a) Circuite electrice

Aplicație	Rolul bobinei	Tip bobină
Filtre de rețea	Blocare zgomote de înaltă frecvență	Cu ferită, SMD
Stabilizatoare de tensiune (buck/boost)	Stochează energie în câmp magnetic	Bobine cu miez ferită
Transformatoare	Transfer de energie cu inductanță mutuală	Bobine cu miez de fier
Motoare electrice	Parte din înfășurările statorului sau rotorului	Bobine mari

b) Circuite electronice

Aplicație	Funcție
Filtrare (filtre LC)	Atenuează anumite frecvențe
Tuning RF	Selectează frecvențe în radio
Oscilatoare	Parte din circuite oscilante LC
Antene	Reglare de impedanță

6.7.4. Comportament în curent alternativ (AC)

- Se opune variațiilor rapide de curent (reactanță inductivă):

$$X_L=2\pi fL$$

- Cu cât frecvența este mai mare, cu atât se opune mai mult curentului (filtrare în frecvență).

Precauții la utilizare

- Nu suprasolicita curentul maxim → bobina se încinge!
- Atenție la saturația miezului (mai ales la curenți mari)!
- În circuite de semnal – alege bobine cu toleranță mică și pierderi reduse (Q mare).

Bobina este un component esențial pentru filtrare, stocare de energie și control al frecvenței. Construcția și tipul miezului influențează direct aplicația unde poate fi folosită.

6.7.5. Relee si electromagneti

Electromagnetul este un dispozitiv care produce un câmp magnetic atunci când prin el trece curent electric.

Construcție de bază:

- Bobină: un fir conductor înfășurat (de obicei cupru izolat),
- Miez feromagnetic (fier moale): intensifică câmpul magnetic,
- Când curentul circulă prin bobină → se formează un câmp magnetic.

Câmpul magnetic dispare imediat ce se oprește curentul!

Unde se folosesc electromagneții?

- Sisteme de frânare/control în industrie,
- Electromagneți industriali (ridicarea fierului),
- În relee – pentru comutarea automată a unui circuit,
- Sisteme de blocare/deblocare electromecanică (uși de acces, interfoane),
- Motoare, generatoare, traductoare.

Releul este un comutator electric acționat cu ajutorul unui electromagnet. Permite controlul unui circuit de putere cu un semnal slab.

Releul acționează mecanic: bobina se energizează → atrage un contact mobil → comută circuitul.

Construcția releului:

Componentă	**Rol**
Bobină	Produce câmpul magnetic (electromagnet)
Armătură mobile	Se mișcă când câmpul magnetic apare
Contacte (NO/NC)	Se închid sau deschid când se mișcă armătura
Arc de revenire	Readuce contactul în poziția inițială
Carcasă	Protecție (plastic, sticlă)

Tipuri de contacte:

- NO (Normally Open) – contactul se închide când releul este activat,
- NC (Normally Closed) – contactul se deschide când releul este activat,
- Comutator (SPDT, DPDT, etc.) – schimbă între două circuite.

Tipuri de relee:

Tip releu	**Caracteristici / Aplicații**
Electromecanic	Clasic, cu contacte fizice
Releu temporizat	Acționează după un timp prestabilit
Releu de protecție	Detectează erori (supratensiune, supracurent)
Releu de stare solidă (SSR)	Fără părți mobile, control electronic
Releu auto	Folosit în sistemele electrice auto

Aplicații ale releelor și electromagneților

Domeniu	**Utilizare**
Automatizări industriale	Comanda motoarelor, pompe, valve
Case inteligente	Control lumini, porți, sisteme de alarmă
Electronice	Separare circuite joasă tensiune / putere
Automotive	Relee pentru faruri, claxon, pornire motor
Siguranță electrică	Protecție la supracurent, supratensiune

Avantaje & Dezavantaje

Avantaje releu electromecanic	**Dezavantaje**
Izolează electric controlul de sarcină	Contacte se pot uza în timp
Ușor de folosit și de înțeles	Viteză mai mică decât circuitele solide
Suportă tensiuni și curenți mari	Poate produce arcuri electrice

Diferența: Electromagnet vs Releu

Caracteristică	Electromagnet	Releu
Rol principal	Creează câmp magnetic	Comută circuite electrice
Piese mobile	Nu neapărat	Da, are armătură mobilă
Aplicație	Uși automate, ridicare obiecte	Automatizări, comutare sarcini
Are contacte?	Nu	Da (NO, NC, comutare)

6.7.6. Transformatoare de semnal si de alimentare

Un transformator este un dispozitiv electric fără piese mobile, care funcționează pe bază de inducție electromagnetică, și are rolul de a transfera energie electrică sau semnal între două sau mai multe circuite printr-un câmp magnetic comun.

Componente principale:

Parte	Funcție
Înfășurare primară	Primește semnalul sau energia electrică
Înfășurare secundară	Livrează semnalul/energia transformată
Miez magnetic	Canalizează fluxul magnetic dintre înfășurări

Transformator de alimentare

Folosit pentru a furniza energie electrică de la o sursă la o sarcină, modificând tensiunea și curentul.

Caracteristici:

- Transformă 220V AC în 12V, 9V, 5V etc.
- Poate fi izolator (între rețea și circuit),
- Se utilizează în surse de alimentare, încărcătoare, aparate electrice.

Tipuri:

- **Transformator simplu** – două înfășurări, miez de fier,
- **Toroidal** – eficiență ridicată, zgomot scăzut,
- **Transformatoare în comutație (SMPS)** – mici, frecvență mare, folosite în surse moderne.

Parametri importanți:

Parametru	Ce înseamnă
Tensiune primară	Tensiunea de intrare (ex: 230V AC)

Parametru	Ce înseamnă
Tensiune secundară	Tensiunea de ieșire (ex: 12V AC)
Putere nominală	Puterea maximă livrabilă (ex: 30W)
Raport de transformare	NsNp\frac{N_s}{N_p}NpNs între spirele secundar/primar

Transformator de semnal (de cuplaj)

Nu transmite energie mare, ci semnale electrice de joasă putere între circuite, păstrând forma semnalului, dar izolând electric cele două părți.

Caracteristici:

- Folosit în audio, radio, telecomunicații, amplificatoare,
- Asigură adaptarea impedanței și izolare galvanică,
- Poate elimina zgomotul (interferențe de masă),
- Nu e proiectat să suporte sarcini mari.

Exemple:

Tip aplicație	Rolul transformatorului de semnal
Audio (ex: amplificatoare)	Separă etajele de amplificare, adaptează impedanțele
Telefonie	Cuplează semnalul între circuite
Rețele (Ethernet)	Filtrare, izolare și protecție
RF (radiofrecvență)	Adaptare antenă / receptor

Diferențe-cheie între transformatoare de alimentare și de semnal:

Caracteristică	Transformator de alimentare	Transformator de semnal
Scop	Transferă putere electrică	Transferă semnal
Dimensiuni	Mai mari	De obicei mici
Frecvență de lucru	50/60 Hz (sau SMPS: kHz–MHz)	Audio, RF, frecvențe înalte
Putere transportată	Zeci – mii de wați	Milivați – câțiva wați
Izolare galvanică	Da	Da
Forma semnalului	Nu e critică	Trebuie păstrată fidel
Miez	Fier laminat / ferită	Ferită sau aer

Exemple practice:

Transformator de alimentare:

- Într-un încărcător de telefon:
  230V AC → transformator → 12V AC → redresor → 5V DC

Transformator de semnal:

- Într-un mixer audio: adaptează semnalul între microfon și amplificator, protejând echipamentele

Ce trebuie verificat când alegi un transformator:

Pentru alimentare:

- Puterea maximă (W),
- Tensiunea de intrare/ieșire,
- Frecvența rețelei (50/60 Hz),
- Izolarea și standardele de siguranță.

Pentru semnal:

- Gama de frecvențe suportate,
- Raportul de impedanță,
- Linearitatea și fidelitatea semnalului.

Transformatorul de alimentare lucrează cu energie mare și schimbă tensiunea, în timp ce **transformatorul de semnal** lucrează cu semnale de joasă putere, păstrând forma și calitatea semnalului.

Ambele oferă **izolare galvanică** între circuite.

6.8. Cabluri și conductori

Un conductor este un material (de obicei metalic) care permite trecerea curentului electric.

Un cablu este un ansamblu de unu sau mai mulți conductori izolați, grupați împreună pentru a transporta energie sau semnal electric.

Structura generală a unui cablu electric

Componentă	**Funcție**
Conductor	Nucleul metalic (cupru/aluminiu) – transportul curentului
Izolație	Strat dielectric (ex: PVC, cauciuc) – protejează împotriva contactului
Ecranaj *(uneori)*	Protejează semnalul de interferențe (în cabluri de date/audio)
Mantă exterioară	Protecție mecanică și împotriva umezelii

Clasificarea conductorilor

a) După material:

Material	**Avantaje**	**Exemple de utilizare**
Cupru	Conductivitate excelentă, flexibil	Majoritatea instalațiilor

Material	Avantaje	Exemple de utilizare
Aluminiu	Mai ușor și mai ieftin, dar conductivitate mai mică	Rețele electrice de medie/înaltă tensiune
Oțel, nichel, aur	Folosite în aplicații speciale (rezistență, semnale fine)	Instrumentație, echipamente RF

b) După construcție:

Tip conductor	Descriere	Utilizare
Plin (solid)	Fir unic, rigid	Instalații fixe, pereți, tablouri
Litat (flexibil)	Din mai mulți fire subțiri	Aplicații mobile, echipamente

Clasificarea cablurilor

a) După scopul utilizării:

Tip cablu	Utilizare principală
Cabluri electrice de alimentare	Transportă energie (230V, 400V etc.)
Cabluri de date	Semnal digital (rețea, USB, HDMI)
Cabluri coaxiale	Transmisii RF, televiziune, antene
Cabluri audio/video	Transmisie semnal audio sau video
Cabluri pentru curenți slabi	Sisteme de alarmă, interfonie, senzori

b) După tensiunea de lucru:

Tip cablu	Domeniu
Joasă tensiune (<1 kV)	Instalații casnice, birouri
Medie tensiune (1–20 kV)	Rețele locale de distribuție
Înaltă tensiune (>20 kV)	Rețele de transport energie electrică

Simboluri și coduri de identificare

Pe cabluri:

Exemplu: NYY-J 3x2.5mm²

Parte cod	Înseamnă
NYY	Cablu izolat PVC pentru energie
J	Cu fir verde-galben (Pământ)
3x2.5	3 conductori, secțiune 2.5 mm²

Culori standardizate (Europa):

Culoare	Semnificație
Maro / Negru / Gri	Fază (L)
Albastru	Nul (N)
Verde-Galben	Împământare (PE)

Alegerea corectă a cablului

Trebuie ținut cont de:

- Tensiunea de lucru (230V, 400V etc.),
- Curentul maxim suportat (în A),
- Secțiunea conductorului (mm²) → afectează încălzirea și pierderile,
- Mediu de utilizare (interior, exterior, umiditate, temperatură),
- Flexibilitate sau rigiditate necesară.

Exemplu: pentru o priză obișnuită → cablu cu 3 fire × 2.5 mm²

Dezizolarea conductorilor

Dezizolarea înseamnă îndepărtarea izolației de pe capătul conductorului pentru a permite conectarea acestuia într-un circuit.

Unelte folosite:

Unealtă	Descriere
◆ Patent pentru dezizolat (stripper)	Reglează automat adâncimea și secțiunea firului
◆ Cutter / cuțit de electrician	Pentru cabluri groase, dar necesită atenție
◆ Cleste universal	Are zonă specială de dezizolare

Sfaturi utile:

- Nu tăiați firele de cupru!
- Dezizolarea trebuie să fie curată și precisă, fără a deteriora conductorul.
- Lungimea dezizolării: în funcție de conectorul folosit (de obicei 5–10 mm).

Mufarea conductorilor

Mufarea înseamnă unirea permanentă sau temporară a doi sau mai mulți conductori.

Tehnici de mufare:

Tip mufare	Metodă	Exemple de utilizare
Prin răsucire + izolare	Fir cu fir, apoi bandă izolatoare	Provizoriu sau improvizat
Prin cleme de tip WAGO	Cleme rapide, sigure și refolosibile	Instalații casnice moderne

Tip mufare	Metodă	Exemple de utilizare
Prin conectori terminali (șurub sau arc)	Se fixează conductorul în clemă	Tablouri electrice, prize
Mufare cu papuci terminali	Firul este sertizat într-un papuc	Conectare la borne (ex: întrerupătoare)
Mufare cu cositorire (lipire cu fludor)	Foarte sigură, dar necesită pistol de lipit	Circuite electronice
Prin manșoane termo-contractabile	Se aplică căldură pentru a fixa izolarea	Protejează zona de contact

Unelte pentru mufare:

- Cleste de sertizat (crimping tool) – pentru papuci și terminale,
- Pistol de lipit / letcon – pentru cositorire,
- Pistol de aer cald / brichetă – pentru mansoane termo-contractabile.

Conectarea conductorilor

Conectarea se referă la fixarea capătului dezizolat al conductorului într-un dispozitiv electric: priză, întrerupător, bornă, șină, etc.

Metode uzuale:

Metodă	Detalii și aplicații
Prin șurub (borne)	Conductor introdus și strâns
Prin arcuri (cleme rapide)	Se apasă și se introduce conductorul
Prin sertizare în papuci	Contact bun, rezistent la vibrații
Cositorire directă pe placă PCB	În electronice (microcontrolere, senzori)

Recomandări:

- Nu lăsa conductorii liberi – întotdeauna fixați și izolați bine.
- Nu combina aluminiu cu cupru direct (oxidare, pericol de incendiu) – folosește mufe speciale bimetalice.
- Verifică tăria fixării – conductorul nu trebuie să iasă dacă tragi ușor de el.

Exemplu practic – Conectarea unui cablu într-o doză electrică

1. Dezizolezi cablul principal (cu atenție, fără a tăia firele).
2. Dezizolezi fiecare conductor interior (fază, nul, împământare).
3. Conectezi fiecare fir la cleme rapide WAGO sau borne cu șurub.
4. Izolezi bine zona de îmbinare dacă nu folosești conectori gata făcuți.
5. Montezi capacul dozei și etichetezi dacă e cazul.

Tehnicile corecte de dezizolare, mufare și conectare asigură siguranța, funcționarea corectă și durabilitatea unei instalații electrice. Un contact prost făcut poate duce la scântei, căldură, ardere sau incendiu.

Aplicații practice

Domeniu	**Cabluri uzuale folosite**
Instalații electrice casnice	Cabluri NYY, FY, MYF, FYY
Mașini și echipamente industriale	Cabluri rezistente la ulei/temperatură
IT / Rețele	Cablu UTP, FTP, coaxial
Audio/video	Cablu RCA, jack, HDMI, optic
Automotive	Cabluri flexibile cu izolație specială

Conductoarele sunt materialul prin care curentul circulă, iar cablurile sunt ansambluri care protejează, izolează și organizează acești conductori.

Alegerea corectă a cablului este esențială pentru siguranță, eficiență și durabilitate în orice instalație electrică.

CAPITOLUL 7

7. Aparate electrice de măsură

7.1. Construcție

Clasificarea aparatelor electrice

7.1.1. După destinație (scopul funcțional):

- Aparate de comutație – pentru închiderea/deschiderea circuitelor (ex. întrerupătoare, contactori);

- Aparate de protecție – protejează instalațiile și utilizatorii (ex. siguranțe, relee, disjunctoare);

- Aparate de măsură – pentru monitorizarea parametrilor electrici (ex. ampermetre, voltmetre, contoare);

- Aparate de reglaj și automatizare – controlează și reglează procese (ex. relee de timp, regulatoare); - Aparate de semnalizare – oferă informații vizuale sau sonore (ex. lămpi de semnalizare, sonerii).

7.1.2. După felul curentului:

- Pentru curent continuu (DC);

- Pentru curent alternativ (AC);

- Monofazat, Trifazat, Universale – funcționează atât cu DC, cât și cu AC.

7.1.3. După nivelul de tensiune :

- Joasă tensiune (JT) – până la 1.000 V;

- Medie tensiune (MT) – între 1 kV și 35 Kv;

- Înaltă tensiune (IT) – peste 35 kV.

7.1.4. După modul de acționare:

- Manuale – acționate de operator (ex. comutatoare manuale);

- Electromagnetice – acționate de electromagneți (ex. contactori);

- Electropneumatice sau electrohidraulice;

- Automatizate – integrate în sisteme automate sau controlate electronic.

7.1.5. După locul de amplasare:

- Pentru interior – utilizate în medii protejate (ex. tablouri electrice de interior);

- Pentru exterior – rezistente la condiții atmosferice (ex. cutii etanșe, posturi de transformare).

7.1.6. După protecțiile asigurate:

- Protecție împotriva atingerilor accidentale – carcase izolate sau ecrane de protecție;

- Protecție la praf, apă sau alte influențe externe – conform codului IP (ex. IP20, IP65);

- Protecție la supratensiuni, scurtcircuite sau suprasarcini.

7.1.7. După variantele constructive:

- Montaj încastrat – integrate în pereți sau tablouri;

- Montaj aparent – vizibile la suprafață;

- Portabile – ușor de transportat (ex. prelungitoare, aparate de măsură);

- Fixe – montate permanent într-o instalație.

7.1.8. După mediul de lucru:

- Normal – medii obișnuite, fără factori agresivi;

- Umid sau ud – necesită protecție crescută la umiditate;

- Coroziv – necesită materiale rezistente la agenți chimici;

- Exploziabil (ATEX) – aparate speciale pentru medii cu risc de explozie;

- Subansamblele constructive ale aparatelor electrice;

- Aparatele electrice sunt alcătuite din mai multe subansamble esențiale, fiecare având un rol specific în funcționarea și siguranța acestora.

7.1.9. Căile de curent (circuitele de putere)

Reprezintă traseul parcurs de curentul electric în interiorul aparatului.

Se compun din:

- Borne de intrare/ieșire;
- Contacte fixe și mobile – elementele care se ating sau se separă în timpul comutării;
- Bare conductoare – transportă curentul între contacte.

Trebuie să reziste la curenți nominali și curenți de scurtcircuit.

7.1.10. Sistemul de stingere al arcului electric

Arcul electric apare la deschiderea contactelor purtătoare de curent, în special în curent alternativ.

Sistemul de stingere are rolul de a întrerupe rapid și eficient arcul electric, evitând deteriorarea contactelor.

Tipuri:

- Camera de stingere cu lamele feromagnetice – descompun arcul în porțiuni mici și îl răcesc;
- Bobine de suflare – folosesc câmpuri magnetice pentru a devia arcul;
- Gaze de stingere (SF_6, vid) – în aparate moderne de medie și înaltă tensiune.

7.1.11. Sistemul de izolație

Asigură separarea electrică între diferitele părți conductoare ale aparatului și față de carcasă.

Poate include: Izolație solidă – micanită, rășini, ceramică, plastic;

- Izolație lichidă – uleiuri electrice (în întrerupătoarele de putere);
- Izolație gazoasă – aer, gaz SF_6.

Trebuie să reziste la tensiunea nominală și să nu se degradeze în timp.

7.1.12.. Mecanismul de acționare

Asigură închiderea/deschiderea contactelor.

Tipuri: Manual – cu pârghii, manete, butoane;

- Electromagnetic – bobină acționează o ancoră mobilă (contactori, relee);
- Motorizat/pneumatic/hidraulic – în întrerupătoarele de medie/înaltă tensiune.

Trebuie să permită comutarea rapidă și fiabilă.

7.1.13. Sistemul de fixare și protecție

Permite montarea sigură a aparatului și protejarea împotriva factorilor externi.

Include: Carcasa – protejează componentele interne (poate fi metalică sau din material plastic);

- Suporturi de fixare – pe șină DIN, încastrate, aparente;
- Grad de protecție IP – definește protecția împotriva prafului, apei, etc;
- Dispozitive de etanșare, ecrane, capace.

Explicarea funcționării aparatelor electrice pe baza schemelor structurale.

Mai jos sunt prezentate funcționări tipice pentru aparate din categorii diferite, în raport cu subansamblele menționate:

Exemplu: Contactoarele electrice (aparat de comutație AC)

Componente structurale:

- Căi de curent: contacte principale și auxiliare;
- Sistem de stingere: cameră cu lamele feromagnetice;
- Mecanism de acționare: electromagnet;
- Izolație: plastic între circuite;
- Protecție: carcasă izolatoare;

Funcționare: Când bobina este alimentată, câmpul magnetic atrage ancora mobilă;

- Ancora închide contactele principale → curentul trece prin aparat;
- La întreruperea tensiunii bobinei, arcul este stins în camera de stingere, iar contactele se deschid.

Exemplu: Disjunctoare (aparat de protecție)

Componente structurale:

Căi de curent: contacte de comutare;

- Sistem de stingere: cameră de stingere sau gaz SF_6;
- Mecanism de acționare: manual sau electromagnetic (în caz de scurtcircuit).

Izolație: plastic, ceramică.

Protecție: carcasă IP40–IP65.

Funcționare: În regim normal, disjunctorul permite trecerea curentului.

La apariția unei defecțiuni (scurtcircuit sau supracurent), mecanismul electromagnetic declanșează instant.

Contactele se deschid, arcul este stins, iar circuitul este întrerupt în siguranță.

Exemplu: Relee de timp (automatizare). Are următoarele componente: Căi de curent: contacte de comutare pentru comenzi, un sistem de acționare: electromagnet sau electronic, o izolație: material plastic sau rășină, care are protecție: carcasă IP20–IP40.

Are următorul mod de funcționare: la alimentare, releul începe să cronometreze.

După un timp prestabilit, comută contactele (închide/deschide circuitul de comanda).

Se utilizează în secvențe automate (ex. pornire întârziată a motoarelor).

7.2. Parametrii tehnici ai aparatelor electrice

7.2.1.Mărimile caracteristice ale aparatelor electrice

Aceste mărimi definesc capacitatea, regimul de funcționare și condițiile tehnice în care aparatele electrice pot funcționa în siguranță și eficiență.

Avem următoarele tensiuni caracteristice: Tensiunea nominală (Un);

- Reprezintă valoarea tensiunii pentru care aparatul a fost proiectat să funcționeze în regim normal.
- Exemplu: Un = 400 V.

Tensiunea de utilizare (Ue).

Tensiunea reală la care aparatul este efectiv utilizat într-o anumită instalație.

Poate fi diferită de Un, dar trebuie să se încadreze în toleranțele prevăzute.

Tensiunea de comandă (Uc).

Tensiunea care alimentează circuitele de comandă ale aparatului (ex: bobina unui contactor).

Poate fi 24V, 110V, 230V etc.

Tensiunea de izolație (Ui).

Tensiunea maximă pe care aparatul o poate suporta fără riscul de străpungere a izolației.

De obicei mai mare decât Un (ex: Un = 400 V, Ui = 690 V).

Curenți caracteristici

Curentul nominal (In)

Curentul maxim pe care aparatul îl poate conduce permanent, fără încălzire excesivă.

Exemplu: In = 63 A.

Curentul limită termic (Ith)

Valoarea curentului pe care aparatul o poate suporta termic pe o durată scurtă (ex: 1 s) fără deteriorare.

Curentul limită dinamic (Idyn)

Curentul maxim de scurtcircuit pe care aparatul îl poate suporta mecanic în regim de impuls (ex: la 10 ms).

Reprezintă forțele electrodinamice maxime admise.

Curentul de rupere (Icu)

Valoarea maximă a curentului pe care aparatul o poate întrerupe fără deteriorare.

Exemplu: Icu = 10 kA (pentru un disjunctor).

Puteri caracteristice

Puterea nominală

Pentru aparatele consumatoare (ex. motoare): se exprimă în kW (activă) sau kVA (aparentă).

Pentru aparatele de comutație: puterea maximă a sarcinii comutate.

Puterea de rupere (Pcu)

Puterea pe care aparatul o poate întrerupe în condiții de sarcină.

Puterea de închidere (Pcc)

Puterea maximă a circuitului pe care aparatul o poate închide în siguranță, fără sudarea contactelor.

Frecvența de conectare (n)

Reprezintă numărul de comutări (închideri/deschideri) pe unitatea de timp (ex: n = 30 manevre/oră).

Este importantă în aplicații cu regim de lucru intermitent sau ciclic.

Durata relativă de acționare (DR)

Procent dintr-un ciclu complet în care aparatul se află în stare activă (contacte închise).

Exemplu: DR = 40% înseamnă că 40% din timp contactele sunt închise, 60% deschise.

Timpul caracteristic

Timpul de acționare (ta)

Durata de la momentul comenzii până la închiderea/deschiderea completă a contactelor.

Timpul de pauză

Timpul în care aparatul este inactiv între două manevre.

Timpul de lucru

Durata în care aparatul funcționează în sarcină activă.

Numărul maxim de manevre

În gol – fără sarcină, uzură redusă.

În sarcină – comutări sub curent, ceea ce duce la uzură accelerată a contactelor.

exemplu: un contactor poate avea 1 milion de manevre în gol, dar doar 100.000 în sarcină.

Simbolizarea mărimilor caracteristice

Mărime	Simbol	Unitate
Tensiune nominală	Un	V
Tensiune de izolație	Ui	V
Tensiune de comandă	Uc	V
Curent nominal	In	A
Curent de rupere	Icu	kA
Curent limită termic	Ith	A
Putere activă nominală	P	kW
Putere aparentă	S	kVA
Frecvența de conectare	n	manevre/oră

Durată relativă de acționare	DR	%
Timp de acționare	ta	s (secunde)
Număr maxim de manevre în sarcină	N	manevre totale

Alegerea aparatelor electrice în funcție de parametrii instalației.

7.2.2. Tensiunea de lucru

Aparatul trebuie să aibă Un ≥ Ue (tensiunea rețelei).

Exemplu: pentru o rețea de 400 V, alegem aparate cu Un = 400 sau 690 V.

7.2.3. Curentul sarcinii (puterea absorbită)

Se calculează curentul corespunzător sarcinii:

$I = P / (3 \cdot U \cdot \cos\varphi)$ I=3 ·U·cosφP (pentru sistem trifazat)

Apoi se alege un aparat cu In ≥ I.

7.2.4. Tipul serviciului de funcționare

Regim continuu, intermitent, de porniri frecvente etc.

Se alege un aparat cu frecvența de manevre și DR corespunzătoare.

7.2.5. Mediul de lucru

Interior/exterior, umiditate, praf, temperaturi extreme, atmosferă explozivă.

Se alege un aparat cu grad de protecție IP și materiale corespunzătoare (ex: IP65 pentru exterior).

7.2.6. Tipul sarcinii

Rezistivă, inductivă, capacitivă, motoare – influențează alegerea contactelor și curentului de comutare.

7.3. Conectarea în circuit a aparatelor electrice

7.3.1. Conectarea în circuit a aparatelor electrice

Aparatele electrice trebuie conectate corect într-un circuit electric pentru a asigura funcționarea sigură și eficientă a instalației. Acest lucru presupune respectarea atât a schemei electrice, cât și a caracteristicilor tehnice ale aparatului.

Tipuri de conectare:

- În serie – curentul trece prin toate componentele succesiv (rar folosit la aparate de protecție);
- În paralel – se folosește pentru aparatele de protecție/comandă montate pe fiecare ramură;
- În derivatie – pentru aparate de control sau semnalizare.

Principii de conectare:

- Respectarea polițării corecte (faza și nulul la bornele indicate);
- Utilizarea de conectoare, papuci, borne compatibile cu aparatul;
- Asigurarea unui contact mecanic și electric sigur;

- Respectarea culoarii conductoarelor conform normelor (ex: albastru pentru nul, verde-galben pentru PE).

7.3.2. Montarea aparatelor în circuit conform schemelor de montaj

Tipuri de scheme:

- Schema de principiu – arată legătura logică între aparate (de exemplu, contactor + releu termic + buton de pornire);
- Schema de execuție – arată modul efectiv de conectare fizică, cu fire, borne și poziția reală a componentelor;
- Schema de montaj – detaliază poziționarea și fixarea componentelor în tablouri sau pe panouri.

Montarea presupune:

- Alegerea poziției aparatului (în tablouri, pe șină DIN, în cutii de conexiuni);
- Respectarea sensului de trecere al curentului (întrare/ieșire);
- Utilizarea de cleme și șine de protecție pentru montare mecanică;
- Aplicarea etichetei de identificare pentru aparatele principale;

- Montarea de siguranțe și protecții suplimentare, unde este necesar.

7.3.3. Executarea manevrelor de conectare și deconectare

Principii generale:

- Se respectă instrucțiunile de funcționare ale aparatului;
- Manevrele se execută doar de personal calificat;
- Se utilizează echipament de protecție (mănuși, vizieră, pantofi ESD etc.).

Tip de manevră. Descriere

Conectare. Se face prin acționarea unui comutator, contactor, disjunctor etc., pentru a permite trecerea curentului. Se face de obicei pe circuite fără sarcină.

Deconectare. Se întrerupe alimentarea unui circuit/aparat. În caz de defect sau întreținere, este prima măsură de siguranță.

Comutare. Alternarea între două surse sau circuite (ex. rețea / generator).

Acționare de urgență. Se face cu întrerupător de siguranță (STOP de urgență) în caz de pericol.

7.3.4. Urmărirea funcționării aparatelor electrice

După montare și conectare, funcționarea aparatelor trebuie monitorizată pentru a preveni defectele sau opririle accidentale.

Verificări esențiale:

- Verificarea conexiunilor (fără joc mecanic, fără oxidare);

- Monitorizarea temperaturii (la borne, contacte – pot semnala suprasarcini);

- Ascultarea zgomotelor neobișnuite (vibrații, zgomote la contactori);

- Verificarea manevrelor – aparatul trebuie să comute corect;

- Citirea semnalizărilor – lămpi, LED-uri, indicatoare de stare;

- Testarea periodică a funcției de protecție (ex: buton de test la disjunctoare diferențiale).

Exemple de urmărire în practică:

La un contactor: verificăm dacă atrage corect, dacă nu rămâne blocat, dacă bobina nu se supraîncălzește.

La un disjunctor: urmărim dacă declanșează în caz de scurtcircuit sau supracurent.

La un releu termic: se verifică declanșarea în caz de suprasarcină.

CAPITOLUL 8

8. Etapele realizării produselor finite

8.1. Realizarea subansamblelor

Subansamblul este o parte componentă a unui ansamblu mai complex, realizat din mai multe piese sau componente care îndeplinesc împreună o funcție parțială. În domeniul electrotehnic, subansamblele pot fi: panouri de comandă, module de protecție, plăci de borne, blocuri de siguranțe etc.

Tipuri de asamblări

Asamblarea este procesul de unire a mai multor componente pentru a realiza un subansamblu funcțional. În funcție de scop și mijloacele folosite, asamblările pot fi:

-După modul de fixare:

a)asamblare mecanică cu șuruburi, piulițe, șaibe, nituri, este demontabilă și permite întreținere ușoară, exemplu: fixarea unui întrerupător pe un panou;

b) Asamblare electrică: Prin conectare electrică a componentelor: prin lipire, sertizare, cleme sau borne, asigură continuitatea electrică în circuit;

c) Asamblare prin sudare/lipire, se aplică la conductori sau componente electronice, este o conexiune permanentă;

d) Asamblare pe șină DIN.

Utilizată frecvent în tablouri electrice pentru montarea modulară a aparatelor (contactor, disjunctor, releu etc.).

Pregătirea componentelor necesare montării

Etapele pregătirii: Identificarea componentelor din documentație tehnică:

- Scheme electrice și mecanice;
- Liste de materiale (BOM – Bill of Materials).

Verificarea dimensiunilor, formelor și caracteristicilor:

- Tensiuni, curenți, coduri de produs;
- Verificarea stării fizice: Fără crăpături, oxidare, deformări sau semne de uzură;
- Curățarea componentelor: Se elimină praful sau impuritățile înainte de montaj.

Pregătirea sculelor și echipamentului: Chei, clești, șurubelnițe, aparat de lipit, aparat de sertizat.

Verificarea materialelor

Înainte de asamblare, toate materialele și componentele trebuie verificate pentru:

- Conformitate cu specificațiile din proiect;
- Integritate mecanică și electrică.

Compatibilitate între ele (ex: bornele să corespundă cu conductorii, aparatele să fie din aceeași gamă de tensiune).

Această verificare este obligatorie pentru a evita defecte în funcționare și pierderi de timp ulterioare.

Montarea componentelor pe subansamble

Reguli generale:

- Respectarea schemelor de montaj;
- Fixarea sigură a componentelor (fără jocuri sau tensiuni mecanice);
- Folosirea corectă a sculelor și echipamentului de protecție;
- Respectarea normelor de siguranță electrică;
- Conectarea firelor la borne cu cod de culoare standardizat.

Exemple:

- Montarea unui releu termic sub un contactor;
- Asamblarea unui bloc de siguranțe fuzibile;
- Conectarea cablurilor la o plăcuță de borne.

Verificarea subansamblelor realizate

După finalizarea montajului, se realizează o verificare atentă a subansamblelor:

Verificări de bază:

- Verificare mecanică – toate piesele sunt bine fixate, nu există șuruburi slăbite sau piese lipsă;
- Verificare electrică – continuitate, izolație, polarizare corectă;
- Respectarea schemei – toate conexiunile sunt realizate conform planului;
- Aspect vizual – fire ordonate, fără zone de risc electric sau scurtcircuite.

Remedierea neconformităților constatate

Dacă în urma verificărilor sunt observate neconformități, se aplică următoarele, exemple de neconformități și soluții:

- Conector slăbit → se strânge sau se înlocuiește;
- Fire conectate greșit → se corectează traseul și se reconectează;
- Componentă lipsă sau greșită → se completează conform listei de materiale;
- Lipitură rece sau oxidată → se resudează corect.

Toate remediile trebuie făcute cu întreruperea alimentării și respectarea normelor de protecție electrică.

8.2. Realizarea produsului finit

Procesul de realizare a unui produs finit în domeniul electrotehnic presupune asamblarea tuturor subansamblelor și componentelor într-un ansamblu complet, funcțional, pregătit pentru punerea în funcțiune.

Montarea subansamblelor pe produsul finit

Etape principale:

- analiza documentației tehnice;
- Se studiază schema generală a produsului finit;
- Se verifică poziția fiecărui subansamblu și legăturile dintre ele.

Pregătirea subansamblelor:

- Se asigură că toate subansamblele au fost verificate anterior și sunt funcționale și conforme;
- Se identifică punctele de conectare și fixare;
- Montarea fizică a subansamblelor;
- Se fixează componentele (ex: pe panouri, în carcase, tablouri electrice);
- Se folosesc șuruburi, cleme, șine DIN, plăcuțe de borne, canale de cablare etc;
- Realizarea legăturilor între subansamble;
- Conectarea firelor/conductorilor conform schemei electrice generale;
- Se respectă codul de culori, secțiunile conductorilor și tipul de izolație.

Se folosesc metode sigure de conexiune: sertizare, lipire, cleme, borne cu șurub.

Montarea elementelor auxiliare: Etichete, sigilii, borne de împământare, izolații suplimentare, carcase.

Verificarea produsului finit

Verificarea produsului finit este esențială pentru asigurarea calității, funcționalității și siguranței.

Tipuri de verificări:

- Verificare vizuală: Toate componentele sunt montate corect și în poziția indicată, nu există fire slăbite, izolații deteriorate sau componente lipsă;

- Verificare mecanică, fiecare piesă este bine fixată, fără jocuri sau vibrații, carcasa și închiderile sunt sigure și conforme;
- Verificare electrică, test de continuitate: verificarea traseelor de curent, test de izolație: se verifică rezistența de izolație între circuite;
- Verificarea tensiunilor la borne, conform parametrilor din fișa tehnică, testarea funcționării sub sarcină dacă este posibil (ex: motor, iluminat, automatizări);
- Verificare funcțională: Se simulează condiții reale de funcționare, se testează comenzile, protecțiile, semnalizările și timpii de reacție.

Remedierea neconformităților constatate

Dacă în urma verificării produsului finit se identifică neconformități, se trece la remedierea acestora în mod organizat și sigur.

Tipuri frecvente de neconformități:

- Conexiuni electrice incorecte sau incomplete;
- Subansamble montate greșit;
- Valori necorespunzătoare ale tensiunii sau curentului;
- Zgomote anormale, supraincălzire, declanșări neașteptate.

Pași pentru remediere:

- Oprirea alimentării și izolarea produsului de rețea;
- Identificarea precisă a defectului conform fișei de testare;
- Înlocuirea sau reparația componentelor defecte.

Reverificarea zonei reparate.

Documentarea intervenției (în fișa de verificare sau raport de control).

Concluzie

Realizarea produsului finit este ultimul și cel mai important pas în procesul de producție electrică. Aceasta asigură că:

- Toate componentele funcționează împreună;
- Siguranța utilizatorului este garantată.

Produsul este conform cerințelor tehnice și poate fi livrat sau pus în funcțiune.

8.3. Depozitarea produsului finit

După finalizarea procesului de asamblare și verificare, produsul finit trebuie manipulat, depozitat și stocat în condiții care să-i asigure integritatea, funcționalitatea și siguranța, până la momentul livrării sau punerii în funcțiune.

Transportarea produsului finit în spațiile special amenajate

Etape esențiale:

- Ambalarea corespunzătoare;
- Produsele sunt ambalate pentru a fi protejate de lovituri, praf, umiditate și descărcări electrostatice (ESD);

- Se folosesc cutii, folii de protecție, spumă, paleți sau containere speciale.

Ambalajul trebuie să conțină etichete de avertizare („Fragil”, „Sus”, „Protejați de umiditate”).

Manipularea cu echipamente adecvate:

- Pentru produse voluminoase se folosesc cărucioare, stivuitoare, transpaleți;
- Se evită șocurile mecanice și înclinările excesive.

Transportul în zonele de depozitare:

- Produsele sunt transferate din zona de producție către spațiile de depozitare finite sau de livrare;
- Se respectă traseele interne și normele de securitate.

Depozitarea și stocarea produselor finite

Condiții generale pentru depozitare:

- Spații curate și uscate, protejate de umiditate ridicată, temperaturi extreme praf, vapori corozivi, variații bruște de temperatură;
- șocuri mecanice și vibrații Rafturi, paleți sau dulapuri specializate, în funcție de dimensiunea produsului, masa totală, gradul de protecție (IP, carcase etc.);
- Etichetare și identificare clară: Cod produs, serie, data fabricației, destinația sau clientul;
- Se folosesc coduri de bare sau sisteme informatizate (WMS – Warehouse Management System);
- Sisteme de protecție ESD: Pentru produse electronice sau sensibile, depozitarea se face în zone ESD protejate, cu podea antistatică și ambalaje speciale.

Depozitarea conform programului de livrare

Depozitarea se face în funcție de planul de producție și livrare, astfel încât fluxul logistic să fie eficient.

Principii de organizare:

- FIFO (First In, First Out): produsele fabricate primele se livrează primele;
- Grupare pe loturi și destinații: ușurează pregătirea comenzilor;
- Stoc tampon: păstrarea unui număr minim de produse pentru comenzi urgente;
- Trasabilitate completă: fiecare produs este identificabil din momentul fabricației până la livrare.

Exemple: Produsele finite pentru livrare imediată se depozitează în zona de expediție.

Produsele pentru proiecte programate mai târziu se păstrează în zona de stocare pe termen mediu/lung.

Concluzie

Transportul și depozitarea produsului finit reprezintă o etapă finală dar critică în procesul de producție. O manipulare greșită sau depozitare inadecvată poate compromite un produs perfect funcțional, respectarea normelor de depozitare asigură, păstrarea calității produsului, protecția investiției, pregătirea eficientă pentru livrare sau punere în funcțiune.

CAPITOLUL 9

9. Procesul tehnologic de bobinare.

9.1. Pregătirea operației de bobinare

Operația de bobinare reprezintă una dintre etapele esențiale în procesul de fabricație și întreținere a echipamentelor electromecanice, cum sunt transformatoarele, motoarele electrice și generatoarele. O pregătire riguroasă a acestei operații asigură calitatea, fiabilitatea și durabilitatea bobinajului.

9.1.1. Standardele naționale și internaționale referitoare la domeniul de activitate

Activitatea de bobinare este reglementată de o serie de standarde, care stabilesc cerințele de calitate, siguranță și compatibilitate. Cele mai relevante standarde sunt:

STAS și SR (Standardele Române) – reglementează dimensiunile, materialele și metodele de execuție specifice în România.

IEC (International Electrotechnical Commission) – stabilește normative internaționale privind siguranța, metodele de încercare, clasele de izolație și performanța aparatelor electrice (ex: IEC 60085 pentru clasele termice ale izolațiilor).

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – furnizează standarde tehnice și bune practici pentru echipamentele electrice.

ISO 9001 – pentru managementul calității în procesele de producție și verificare.

Respectarea acestor standarde este esențială pentru asigurarea calității și interoperabilității produselor electrice.

9.1.2. Caracteristicile tehnice și constructive ale bobinajului

Bobinajul este constituit din înfășurări realizate din sârmă conductoare, de regulă cupru sau aluminiu, izolate și dispuse într-un anumit aranjament. Caracteristicile principale includ:

- Forma: cilindrică, dreptunghiulară sau specială, în funcție de aplicație;
- Numărul de spire și straturi: determină tensiunea și curentul care pot fi suportate;
- Modul de înfășurare: spiralat, stratificat, tip „pachet”;
- Tipul de izolație: email, hârtie, folie de poliester etc;
- Clasa termică a bobinajului: A (105°C), B (130°C), F (155°C), H (180°C) etc.

Aceste caracteristici sunt alese în funcție de cerințele tehnice ale echipamentului și de mediul în care acesta va funcționa.

9.1.3. Caracteristicile mecanice și electrice ale conductoarelor electrice

Conductoarele utilizate în bobinaj trebuie să îndeplinească cerințe stricte din punct de vedere electric și mecanic:

- Material: cupru electrotehnic (E-Cu) sau aluminiu;
- Secțiunea transversală: rotundă sau dreptunghiulară;

- Rezistență electrică specifică: cât mai mică pentru eficiență energetică;
- Flexibilitate și rezistență mecanică: pentru a permite înfășurarea fără deteriorare;
- Strat de izolație: asigură protecție electrică și termică; poate fi realizat din email, fibră de sticlă, teflon etc;
- Rezistență la temperaturi ridicate și acțiuni chimice.

9.1.4. Caracteristicile tehnice ale materialelor

Pe lângă conductor, alte materiale utilizate în procesul de bobinare sunt:

- Materiale izolatoare: hârtie izolatoare, folie de poliester, micanită, tuburi izolatoare;
- Materiale de impregnare și lăcuire: lacuri electrotehnice, rășini epoxidice – pentru consolidarea și protejarea bobinajului;
- Materiale suport: carcase, suporturi de bobină, miezuri magnetice;
- Materiale de legare: bandă adezivă, șnururi rezistente la temperaturi înalte.

Toate aceste materiale trebuie să fie compatibile electric, termic și mecanic cu aplicația dorită.

9.1.5. Instrumente de verificare utilizate la măsurarea și verificarea parametrilor bobinelor

Pentru asigurarea calității bobinajului, se folosesc instrumente precise pentru măsurători și verificări:

- Ohmmetru – pentru măsurarea rezistenței electrice a bobinelor;
- Miliwattmetru sau megohmetru – pentru verificarea izolației;
- Ponte Kelvin – pentru măsurători de precizie a rezistenței electrice;
- Micrometru și șubler – pentru verificarea dimensiunilor conductoarelor și a bobinajului;
- Testere de rigiditate dielectrică – pentru verificarea capacității de izolare;
- Osciloscop, tester LCR – pentru măsurarea inductanței, capacității și rezonanței.

9.1.6. Utilajele și dispozitivele utilizate la confecționarea bobinelor

Procesul de bobinare necesită echipamente dedicate, adaptate tipului și dimensiunii bobinajului:

- Mașini de bobinat (manuale, semiautomate, automate) – pentru înfășurarea sârmei pe suport;
- Dispozitive de tensionare a sârmei – pentru a menține tensiunea constantă în timpul bobinării;
- Șabloane și forme de bobinare – în funcție de geometria dorită;
- Cuptoare de uscare – pentru uscarea bobinelor impregnate;
- Stații de lăcuire și impregnare – pentru aplicarea și fixarea materialelor izolatoare;
- Aparate de tăiat și decapat sârmă – pentru pregătirea conductorilor.

9.2. Identificarea caracteristicilor bobinajului

Citirea și interpretarea documentației tehnice (scheme electrice de bobinaj, desene de repere, fișe tehnologice, planuri de operații, proceduri și instrucțiuni de lucru)

Identificarea corectă a caracteristicilor unui bobinaj este o etapă esențială în procesul de execuție, reparație sau verificare a echipamentelor electromagnetice. Această etapă presupune

interpretarea precisă a documentației tehnice, care oferă informațiile necesare pentru realizarea corectă a bobinajului.

9.2.1. Importanța documentației tehnice

Documentația tehnică reprezintă ansamblul de informații scrise și grafice care ghidează procesul de producție și control al bobinelor. Prin analiza atentă a acestor documente se pot identifica toate caracteristicile constructive, tehnologice și funcționale ale bobinajului.

9.2.2. Scheme electrice de bobinaj

Schema electrică este reprezentarea grafică a legăturilor și componentelor electrice dintr-un echipament. În cazul bobinajelor, aceasta oferă informații precum:

- Numărul și tipul înfășurărilor (primară, secundară, auxiliare etc.);
- Numărul de spire și direcția de bobinare;
- Modurile de conectare (stea, triunghi, serie, paralel);
- Poziționarea terminalelor;
- Tensiunile și curenții nominali;
- Protecțiile și izolațiile aferente.

Interpretarea corectă a schemei permite identificarea exactă a structurii funcționale a bobinajului și evitarea erorilor de conexiune.

9.2.3. Desene de repere (desene tehnice ale bobinelor)

Desenele tehnice conțin informații privind dimensiunile fizice ale bobinei și ale componentelor asociate:

- Dimensiunile miezului magnetic și ale carcasei;
- Poziționarea și dimensiunile spațiilor pentru bobinaj;
- Forma și secțiunea conductorului utilizat;
- Toleranțele admise și cotele funcționale;
- Poziționarea straturilor și a izolațiilor.

Aceste desene sunt esențiale pentru realizarea precisă și standardizată a bobinajului.

9.2.4. Fișe tehnologice

Fișa tehnologică conține detalii despre parametrii de fabricație și materialele utilizate:

- Tipul conductorului (cupru emailat, sârmă liză, bandă etc.);
- Clasa de izolație și materialele izolatoare;
- Tensiunea de bobinare;
- Viteza de bobinare admisă;
- Temperaturile de lucru și ciclurile de uscare/impregnare;
- Metodele de testare și verificare finală.

Aceste informații ajută la respectarea exactă a condițiilor tehnologice impuse pentru fiecare tip de bobină.

9.2.5. Planuri de operații

Planul de operații este documentul care detaliază pas cu pas succesiunea activităților ce trebuie efectuate pentru realizarea bobinajului:

- Pregătirea materialelor și a echipamentului;
- Operațiile de înfășurare propriu-zisă;
- Aplicarea izolației între straturi și la final;
- Fixarea, lăcuirea și impregnarea bobinei;
- Testarea electrică și mecanică;
- Montajul final.

Acesta asigură desfășurarea coerentă a procesului și permite urmărirea riguroasă a fiecărei etape.

9.2.6. Proceduri și instrucțiuni de lucru

Procedurile și instrucțiunile de lucru stabilesc reguli clare de execuție, siguranță și calitate:

- Instrucțiuni pentru manipularea și depozitarea materialelor;
- Norme de protecție a muncii în timpul bobinării și testării;
- Cerințe privind controlul calității;

Mod de remediere a eventualelor defecte sau neconformități.

Respectarea acestor documente asigură uniformitatea procesului și calitatea produsului finit.

Concluzie

Citirea și interpretarea corectă a documentației tehnice reprezintă o condiție esențială pentru realizarea corectă a bobinajelor. Fiecare document oferă un set precis de informații, care împreună formează baza pentru un proces tehnologic controlat, sigur și eficient.

9.3. Confecționarea pieselor electroizolante

Piesele electroizolante joacă un rol esențial în siguranța și funcționarea corectă a echipamentelor electrice. Ele sunt folosite pentru a preveni scurtcircuitele, pierderile de energie și deteriorarea componentelor electrice din cauza contactului direct sau a efectelor termice și mecanice. Procesul de confecționare a acestor piese necesită precizie, respectarea documentației tehnice și utilizarea utilajelor și dispozitivelor adecvate.

9.3.1. Utilaje și dispozitive folosite la confecționarea pieselor izolante

Pentru realizarea pieselor electroizolante se utilizează echipamente specifice, adaptate tipului de material și formei finale a piesei. Cele mai frecvent folosite sunt:

- Mașini de tăiat (ghilotine) – pentru tăierea exactă a foliilor și plăcilor izolatoare conform cotelor din desen;
- Mașini de ștanțat – pentru realizarea pieselor de formă complexă, cu ajutorul matrițelor;
- Dispozitive de decupat cu laser sau cu jet de apă – pentru piese cu precizie ridicată, în special în producția modernă;
- Mașini de găurit și frezat – pentru realizarea găurilor de fixare, canelurilor sau altor elemente constructive;
- Foarfeci manuale și cuțite industriale – utilizate la tăieri simple, în cazul materialelor subțiri;

- Dispozitive de îndoit și formare – folosite pentru modelarea materialelor plastice sau a hârtiei impregnate, în funcție de aplicație.

9.3.2. Tipuri de materiale electroizolante utilizate

Materialele izolante sunt alese în funcție de caracteristicile electrice, termice și mecanice necesare. Printre cele mai comune se regăsesc:

- Hârtie electrotehnică – utilizată pentru izolații intermediare și de strat;
- Carton prespan – rigid, folosit la distanțiere, suporturi sau inele izolante;
- Folie de poliester (Mylar), Kapton – rezistente la temperaturi ridicate, utilizate la înfășurări;
- Micanită – pentru aplicații de înaltă tensiune și temperatură;
- Fibre de sticlă impregnate – rezistente mecanic și termic, utilizate ca izolator structural;
- Materiale compozite (epoxidice, fenolice) – pentru piese structurale, flanșe sau distanțiere.

9.3.3. Lucrări de tăiere a materialelor electroizolante conform planurilor de operații

Procesul de tăiere se realizează cu respectarea strictă a documentației tehnice, după cum urmează:

- Analiza planului de operații: se identifică forma, dimensiunile și toleranțele pieselor care urmează a fi confecționate;
- Selectarea materialului corespunzător: în funcție de indicațiile din fișa tehnologică (tip, grosime, clasă de izolație);
- Fixarea materialului pe echipamentul de tăiere: pentru a evita deplasarea în timpul lucrului;
- Execuția tăieturii: manuală sau automată, cu respectarea direcției fibrelor (unde este cazul), și evitarea ruperii marginilor;
- Verificarea dimensiunilor: cu instrumente de măsură adecvate (șubler, riglă milimetrică etc.);
- Debavurarea marginilor: pentru a elimina bavurile și a evita deteriorarea izolației adiacente.

9.3.4. Respectarea normelor de calitate și siguranță

- Confecționarea pieselor izolante trebuie să respecte cerințele din standardele de calitate și siguranță;

- Dimensiuni și toleranțe exacte, conform desenului tehnic;

- Suprafețe curate, fără urme de grăsimi, murdărie sau deteriorări mecanice;

- Respectarea clasei de izolație (termică și dielectrică);

- Marcarea pieselor, dacă este prevăzută în documentație.

Concluzie

Confecționarea pieselor electroizolante este o etapă critică în procesul de asamblare a echipamentelor electrice. Utilizarea utilajelor corespunzătoare și respectarea planurilor de

operații asigură calitatea, siguranța și durabilitatea izolației. Fiecare piesă trebuie realizată cu atenție la detalii, pentru a preveni orice risc de defecțiune sau accident în funcționare.

9.4.Confecționarea bobinelor

Confecționarea bobinelor

Bobinele reprezintă elemente fundamentale în construcția echipamentelor electrice, cum ar fi transformatoarele, motoarele, generatoarele sau releele. Confecționarea corectă a acestora implică utilizarea tehnicilor adecvate, a utilajelor moderne și a materialelor conforme cu cerințele tehnologice și standardele de calitate.

9.4.1. Caracteristici de funcționare ale mașinilor de bobinat

Mașinile de bobinat sunt echipamente specializate care asigură înfășurarea conductorului pe un suport (carcasă, tambur, miez magnetic etc.), într-o manieră controlată și uniformă.

Principalele caracteristici de funcționare includ:

- Reglarea turației: permite adaptarea vitezei de bobinare în funcție de tipul conductorului și de complexitatea bobinei;
- Sistem de ghidare a sârmei: asigură poziționarea corectă și uniformă a conductorului în timpul bobinării;
- Controlul tensionării: menține o tensiune constantă a sârmei, evitând întinderea excesivă sau slăbirea;
- Contor de spire: înregistrează automat numărul de spire bobinate;
- Funcție de oprire automată: la atingerea numărului programat de spire sau în caz de defecțiuni;
- Posibilitatea de programare a tiparului de bobinare: pentru bobinări stratificate, spirale sau cu secțiuni speciale;

- Acționare manuală, semiautomată sau complet automată, în funcție de complexitatea echipamentului.

9.4.2. Posibilități de lucru la mașinile de bobinat

În funcție de tipul de mașină de bobinat și de specificul aplicației, operatorul poate realiza:

- Bobinaje cu sârmă rotundă sau profilată (dreptunghiulară);
- Bobinaje cu o singură înfășurare sau multiple înfășurări (pe mai multe straturi);
- Bobinaje cilindrice, dreptunghiulare sau toroidale;
- Începerea și încheierea bobinajului din poziții precise, stabilite anterior conform desenului tehnic;
- Programarea traseului conductorului pentru bobinări automate, cu ajutorul comenzilor numerice (la mașinile CNC);

- Corectarea manuală a eventualelor defecțiuni de înfășurare (bobine nealiniate, spire suprapuse etc.).

9.4.3. Lucrări de izolare manuală a capetelor de bobină

Izolarea capetelor de bobină este o operațiune esențială, care asigură:

- protecția conductorului împotriva scurtcircuitelor, rezistența mecanică la vibrații și solicitări,

siguranța la atingere și la contactul cu alte componente electrice;

- Etapele izolației capetelor includ: Curățarea capetelor conductorului;
- Se îndepărtează stratul de email (în cazul sârmei emailate) prin răzuire, ardere controlată sau cu dispozitive speciale de decapare;
- Aplicarea izolației primare;
- Se înfășoară banda izolatoare (din fibră de sticlă, poliester sau hârtie electrotehnică) pe capătul decapat, pentru a asigura izolare față de stratul următor sau de componentele vecine;
- Fixarea și protejarea;
- Capetele se pot lega cu șnur termorezistent sau se pot prinde cu tuburi izolatoare și se impregnează cu lacuri pentru consolidare;
- Etichetarea sau marcarea capetelor;

- aplică coduri sau semne de identificare, conform schemei electrice, pentru facilitarea conectării corecte.

Materiale utilizate la izolare:

- Bandă din fibră de sticlă autoadezivă; Bandă textilă impregnată;
- Tuburi din PVC, teflon sau silicon; Lacuri și rășini izolatoare;
- Șnururi sau fire textile rezistente la temperaturi înalte.

Concluzie

Confecționarea bobinelor este un proces de înaltă precizie, ce implică atât automatizare, cât și intervenție manuală. Mașinile de bobinat moderne oferă versatilitate și control asupra procesului, în timp ce izolarea manuală a capetelor asigură fiabilitatea și siguranța electrică a echipamentului. Respectarea procedurilor tehnologice și a documentației tehnice este esențială pentru obținerea unui produs final de calitate.

9.5. Presarea bobinelor

Presarea bobinelor

Presarea bobinelor este o etapă tehnologică importantă în procesul de fabricație a echipamentelor electromagnetice. Aceasta contribuie la consolidarea mecanică a înfășurărilor, la eliminarea spațiilor libere dintre straturi și la asigurarea stabilității geometrice și dimensionale a bobinei.

Scopul principal al presării este: creșterea compactității bobinei, reducerea vibrațiilor și deplasărilor spirelor în timpul funcționării, îmbunătățirea eficienței transferului termic, pregătirea bobinei pentru impregnare și montaj.

9.5.1. Tipuri de bobine ce necesită presare:

- Bobine stratificate, realizate din mai multe straturi de spire;

- Bobine de înaltă tensiune;

- Bobine cu secțiune mare sau cu izolație intermediară;

- Bobine rectangulare sau eliptice, la care uniformitatea este critică.

9.5.2. Presarea bobinelor stratificate

Bobinele stratificate sunt cele realizate prin depunerea conductorului în mai multe straturi, separate sau nu de materiale izolante. Presarea acestor bobine este esențială pentru:

- Eliminarea spațiilor de aer dintre straturi (care pot duce la descărcări parțiale sau supraîncălziri);
- Obținerea unei forme stabile, conforme cu cotele din desenul tehnic;
- Asigurarea unei bune impregnări ulterioare cu lac sau rășină izolatoare;
- Fixarea definitivă a straturilor de conductor și izolație.

9.5.3. Metode și echipamente de presare

a. Presare cu prese mecanice sau hidraulice:

- Se utilizează prese cu forță controlată;

- Presarea se face între plăci rigide sau în matrițe speciale;

- Se aplică forța necesară pentru a compacta bobina fără a deteriora izolația.

b. Presare la cald:

- Se realizează cu prese încălzite;

- Se folosește în special în cazul bobinelor impregnate cu rășini sau materiale termoactivabile;

- Ajută la întărirea și stabilizarea structurii bobinei.

c. Presare cu benzi și dispozitive de strângere manuale:

- Utilizată la bobine mici sau prototipuri;

- Se folosesc benzi textile, cleme sau chingi reglabile.

9.5.4. Parametri controlați în timpul presării:

- Forța de presare: trebuie adaptată în funcție de dimensiunea și tipul bobinei;

- Durata presării: suficientă pentru stabilizarea formei, fără a deteriora materialele;

- Temperatura (în cazul presării la cald): conform indicațiilor tehnologice;

- Simetria presării: pentru evitarea deformării bobinei.

9.5.5. Verificări după presare:

- Control vizual: absența fisurilor, simetria formei;

- Măsurători dimensionale: conform desenului de execuție;

- Eventual test de rigiditate dielectrică (după impregnare).

Concluzie

Presarea bobinelor, în special a celor stratificate, este o operațiune esențială pentru asigurarea calității și durabilității acestora. Aceasta contribuie la obținerea unui ansamblu compact, stabil din punct de vedere mecanic și sigur din punct de vedere electric. Respectarea parametrilor tehnologici și a instrucțiunilor de lucru garantează performanța și siguranța în exploatare a echipamentului final.

9.6. Protecția bobinelor

Protecția bobinelor

Bobinele electrice sunt componente sensibile, supuse solicitărilor electrice, mecanice, termice și de mediu. Pentru a le asigura o durată de viață lungă și funcționare sigură, se aplică un proces de impregnare și protecție, care are rolul de a le consolida și izola suplimentar.

9.6.1. Scopul impregnării bobinelor

Impregnarea bobinelor cu lacuri sau rășini izolante are mai multe obiective:

- Creșterea rezistenței mecanice a bobinei (fixarea spirelor, reducerea vibrațiilor);
- Îmbunătățirea izolației electrice între spire, straturi și capete de bobină;
- Protecția împotriva umidității, prafului, gazelor sau agenților chimici;
- Stabilizarea termică a structurii bobinajului;
- Eliminarea aerului și a golurilor din interiorul bobinelor (prevenirea descărcărilor parțiale).

9.6.2. Tehnologii de impregnare/consolidare

a) Prin imersie la presiune atmosferică:

- Bobina este scufundată într-un bazin cu lac izolator;

- Se menține timp suficient pentru penetrare completă;

- Este o metodă simplă, folosită pentru bobine de dimensiuni mici sau medii.

b) Prin imersie în vid (VID-VACUUM):

- Bobina este introdusă într-o cameră vidată;

- Aerul este extras din bobină, apoi se introduce lacul;

- Asigură pătrunderea completă a lacului în toate golurile;

- Este ideală pentru bobine de înaltă tensiune sau expuse la medii agresive.

c) Prin picurare (drip method):

- Lacul este aplicat prin picurare continuă pe bobina rotită;

- Se folosește la impregnarea locală sau la bobinele de dimensiuni mici;

- Permite economisirea lacului și aplicarea controlată.

9.6.3. Categorii de lacuri de impregnare

Lacurile de impregnare se clasifică în funcție de:

a) Compoziție chimică:

- Lacuri pe bază de rășini alchidice, epoxidice, poliesterice, siliconice;

- Lacuri termoizolante și ignifuge.

b) Clasa termică de izolație:

- Clasa B (130°C) – aplicații generale;

- Clasa F (155°C) – utilizări industriale;

- Clasa H (180°C) – motoare de mare putere sau aplicații speciale;

- Clasa C (>200°C) – medii extreme.

c) Mod de întărire:

- Prin polimerizare la cald, la UV, sau cu întărire chimică (catalizatori).

9.6.4. Temperaturi și timpi de uscare a lacurilor

Acești parametri variază în funcție de tipul lacului și metoda de aplicare, dar în general:

- Temperaturi de uscare: între 80°C și 150°C;
- Timp de uscare: între 1 și 6 ore, în funcție de grosimea bobinajului și cantitatea de lac;
- Etape de uscare: uneori sunt necesare 2-3 cicluri, pentru impregnări multiple.

9.6.5. Tehnologia de uscare și parametrii de lucru

Procesul de uscare este realizat într-un cuptor electric sau într-o cameră cu aer cald forțat:

- Circulația aerului: pentru o uscare uniformă;
- Monitorizarea temperaturii: cu senzori și termometre de precizie;
- Timpul de expunere: trebuie respectat conform fișei tehnice a lacului;
- Răcirea controlată: pentru evitarea crăpării stratului de lac.

9.6.6. Măsurarea rezistenței de izolație

După impregnare și uscare, se efectuează verificarea rezistenței de izolație:

- Se folosește un megohmmetru (megger);
- Tensiunea de test: între 500V și 1000V, în funcție de clasa de tensiune;
- Valoarea minimă admisă este specificată în standardele de testare (de obicei peste 10 MΩ pentru izolații bune);
- Se măsoară între spire, între înfășurări și față de masă (carcasă).

9.6.7. Procedura de remediere a neconformităților

Dacă în urma testării apar deficiențe (ex. rezistență de izolație scăzută, impregnare incompletă), se aplică următoarele măsuri:

- Reimpregnare – se repetă procesul de aplicare a lacului, complet sau local;
- Uscare suplimentară – în cazul în care uscarea a fost insuficientă;

- Curățare și reparații mecanice – dacă apar fisuri în izolație sau deteriorări ale conductorului;
- Înlocuire parțială a componentelor – dacă dauna este localizată;
- Refacere completă – în caz de defecte majore sau imposibilitate de reparare.

Concluzie

Protecția bobinelor prin impregnare este un pas esențial în asigurarea fiabilității echipamentelor electrice. Alegerea corectă a metodei, a materialelor și a parametrilor de lucru influențează direct performanța și durabilitatea bobinajului. Verificarea atentă și remedierea neconformităților garantează calitatea finală a produsului.

CAPITOLUL 10

10. Diagnosticarea și recondiționarea bobinelor

10.1. Testarea și diagnosticarea bobinelor

Testarea și diagnosticarea bobinelor

Testarea și diagnosticarea bobinelor reprezintă o etapă esențială în procesul de verificare a calității și funcționalității acestora, înainte de punerea în funcțiune sau după o perioadă de utilizare. Aceste operațiuni permit identificarea defectelor ascunse și prevenirea avariilor în exploatare.

10.1.1. Scopul testării bobinelor:

- Verificarea conformității cu specificațiile tehnice;

- Detectarea defectelor de fabricație sau de montaj;

- Evaluarea stării tehnice după funcționare îndelungată;

- Prevenirea scurtcircuitelor, a pierderilor de izolație și a altor defecțiuni;

- Creșterea siguranței și a duratei de viață a echipamentelor electrice.

10.1.2. Tipuri de testări aplicate bobinelor

a) Măsurarea rezistenței ohmice a înfășurării:

- Se realizează cu un ohmmetru de precizie;

- Permite verificarea uniformității înfășurărilor și detectarea conductorilor întrerupți sau cu contact slab;

- Valorile se compară cu cele din fișa tehnică.

b) Testarea rezistenței de izolație:

- Se efectuează cu un megohmmetru (500V…1000V);

- Se măsoară între înfășurări, între înfășurări și carcasă (masă);

- O valoare sub 10 MΩ indică o izolație slabă.

c) Testul de rigiditate dielectrică:

- Se aplică o tensiune ridicată (câteva kV) între componentele izolate;

- Se verifică dacă izolația rezistă fără perforare sau descărcări;

- Este utilizat în special pentru bobinele de înaltă tensiune.

d) Testarea continuității circuitului:

- Se face cu un tester de continuitate;

- Confirmă dacă bobina este completă și fără întreruperi.

e) Măsurarea inductanței și a factorului de pierderi (Q):

- Se utilizează un instrument LCR (inductanță, capacitate, rezistență);

- Valori incorecte pot indica scurtcircuite între spire sau defecte de montaj.

f) Măsurători termice și testul de încălzire:

- Se verifică comportamentul termic sub sarcină;

- Se detectează punctele fierbinți care pot afecta izolația.

g) Testarea cu termoviziune (opțional):

- Se utilizează o cameră termică pentru a identifica anomalii termice în funcționare.

10.1.3. Instrumente utilizate în testarea bobinelor:

- Ohmmetru digital – pentru rezistențe ohmice mici;

- Megohmmetru (megger) – pentru izolație;

- LCR metru – pentru inductanță, capacitate, pierderi;

- Tester de rigiditate dielectrică – pentru înaltă tensiune;

- Tester de continuitate – pentru verificări rapide;

- Termometru sau cameră termică – pentru diagnoză termică.

10.1.4. Diagnosticarea defectelor comune:

Defect posibil	Simptom la testare	Cauză probabilă
Întrerupere în bobină	Rezistență infinită sau lipsă de continuitate	Conductor rupt, lipituri slabe
Scurtcircuit între spire	Inductanță mică, pierderi mari (Q scăzut)	Smulgere de izolație, spire topite

Izolație slabă	Rezistență de izolație mică (<10 MΩ)	Umiditate, lac de protecție insuficient
Încălzire excesivă	Puncte fierbinți în timpul funcționării	Contacte slabe, presare incorectă
Zgomot/vibrații	Fluctuații în sarcină, sunete neobișnuite	Bobină slab fixată sau neimpregnată corect

10.1.5. Etapele generale ale testării:

- Pregătirea echipamentului de testare și verificarea funcționării acestuia;

- Identificarea tipului de bobină și citirea fișei tehnice;

- Aplicarea testelor în ordinea recomandată (de la cele mai sigure – ohmice – la cele cu tensiuni ridicate);

-Compararea valorilor obținute cu valorile de referință;

- Întocmirea unui raport de testare, cu măsurători și concluzii.

10.1.6. Măsuri de siguranță în timpul testării:

- Se deconectează bobina de la sursele de tensiune;

- Se folosește echipament de protecție personală (mănuși, ochelari);

- Se respectă instrucțiunile de utilizare ale aparatelor;

- Se marchează și izolează zona de testare în cazul testelor cu tensiuni mari.

Concluzie

Testarea și diagnosticarea bobinelor este un proces vital pentru calitatea și siguranța sistemelor electrice. Prin aplicarea metodelor adecvate și interpretarea corectă a rezultatelor, se pot preveni defecțiuni costisitoare și se poate asigura o funcționare optimă a echipamentelor. Un personal bine instruit, dotat cu instrumente precise, este cheia unei diagnoze corecte și eficiente.

10.2. Depanarea și recondiționarea bobinelor

Depanarea și recondiționarea bobinelor sunt activități esențiale pentru prelungirea duratei de viață a echipamentelor electrice și pentru refacerea funcționării acestora în caz de defect. Operațiile pot include identificarea defectelor, înlocuirea parțială sau totală a bobinajului, refacerea izolației, dar și refacerea conexiunilor electrice prin tehnici specializate de lipire și asamblare.

10.2.1. Tipuri de defecte frecvente la bobine:

- Întreruperi ale conductorului din cauza solicitărilor mecanice sau termice;

- Scurtcircuite între spire provocate de degradarea izolației;

- Conexiuni slabe sau oxidate la borne;

- Izolație arsă sau degradată în urma suprasarcinilor;

- Defecte mecanice la capetele bobinelor (desprinderi, fisuri).

10.2.2. Etapele depanării bobinelor:

- Identificarea defectului prin testări electrice (ohmmetru, megohmmetru, test de continuitate);

- Demontarea atentă a bobinei sau a secțiunii afectate;

- Curățarea zonei de lucru (îndepărtarea resturilor de lac, izolație arsă, oxizi);

- Refacerea legăturilor electrice (lipire, îmbinări, sertizare);

- Reizolarea și reimpregnarea zonei reparate;

- Testarea post-reparație și verificarea conformității;

- Reasamblarea și protejarea bobinei.

10.2.3. Realizarea conexiunilor electrice prin lipire

Lipirea este metoda standard de realizare a conexiunilor electrice la capetele bobinelor și în punctele de contact cu bornele sau alte conductoare.

a) Echipamente și materiale necesare:

- Stație de lipit sau pistol de lipit (cu reglare de temperatură);

- Cositor (aliaj de lipit) cu conținut de staniu și plumb sau fără plumb (pentru medii industriale moderne);

- Fludor (flux de lipire) – pentru curățarea și activarea suprafeței;

- Pensete, clești, bureți, cablu de cupru dezizolat.

b) Procedura corectă de lipire:

- Curățarea suprafețelor de cupru (oxid, lac, impurități);

- Aplicarea fluxului pe zona de contact;

- Încălzirea zonelor de lipit până la temperatura de topire a aliajului (cca 300–350°C);

- Aplicarea cositorului uniform și rapid, fără a încălzi excesiv conductorul;

- Răcirea naturală a zonei lipite, fără mișcarea componentelor;

- Verificarea vizuală a lipiturii – trebuie să fie lucioasă, omogenă, fără crăpături sau „mărgele” de staniu.

10.2.4. Remedierea defectelor de asamblare și lipire

Defectele de asamblare și lipire pot genera contacte slabe, scurtcircuite sau defecțiuni în exploatare. Printre cele mai comune neconformități:

a) Defecte de lipire:

- Lipitură rece – suprafață mată, poroasă, slab aderentă;

- Exces de staniu – poate cauza scurtcircuite;

- Lipire insuficientă – contact electric nesigur;

- Încălzire excesivă – poate deteriora conductorul și izolația.

b) Remedieri:

- Încălzirea și îndepărtarea cositorului vechi (cu fitil de dezlipire sau pompă de vid);

- Reaplicarea fluxului și refacerea lipiturii;

- Înlocuirea părților degradate (fir, bornă, terminal);

- Verificare cu lupa sau microscopul pentru lipituri fine.

10.2.5. Măsuri de calitate și verificare după depanare:

- Testarea continuității circuitului;

- Măsurarea rezistenței de izolație în zona reparată;

- Testul vizual al lipiturilor și al fixării capetelor bobinei;

- Fixarea și izolarea finală conform standardelor;

- Marcarea zonei reparate pentru trasabilitate.

10.2.6. Securitate și protecția muncii:

- Utilizarea echipamentului individual de protecție (EIP): mănuși electroizolante, ochelari de protecție;

- Lucrul pe mese antistatice, bine iluminate și ventilate;

- Eliminarea sigură a resturilor de fludor și izolații;

- Respectarea normelor privind lucrul cu unelte electrice și sub tensiune.

Concluzie

Depanarea și recondiționarea bobinelor sunt activități care necesită precizie, cunoștințe tehnice și experiență. Printr-o executare corectă a lipiturilor și remedierea atentă a defectelor, se poate restabili funcționalitatea completă a bobinelor, fără a compromite siguranța echipamentului. Respectarea procedurilor și testarea finală sunt esențiale pentru calitatea reparației.

CAPITOLUL 11

11. Montarea bobinelor și izolarea lor electrică

11.1. Pregătirea operației de montare

Pregătirea operației de montare

Montajul este o etapă esențială în procesul de fabricație, ce presupune asamblarea pieselor și subansamblelor pentru obținerea unui produs finit funcțional. Pregătirea operației de montare implică o serie de activități preliminare, care au rolul de a asigura desfășurarea procesului în condiții optime, cu eficiență și precizie.

Principalele etape includ:

- Stabilirea succesiunii operațiilor de montaj conform procesului tehnologic;
- Pregătirea sculelor, dispozitivelor și aparatelor de măsură necesare; Asigurarea locului de muncă curat și ordonat; Verificarea documentației tehnice și a specificațiilor fiecărui reper sau subansamblu.

Citirea și interpretarea documentației tehnice

Documentația tehnică este indispensabilă în orice proces de producție sau montaj. Aceasta cuprinde desene de execuție pentru piese, subansamble și ansambluri, tabele de toleranțe, liste de piese și instrucțiuni tehnologice.

Pentru o bună desfășurare a operației de montare, este necesar:

- Citirea corectă a desenelor de repere (piese individuale), în care sunt indicate dimensiunile, toleranțele, finisajele și materialele;
- Interpretarea desenelor de subansamble și ansambluri, pentru înțelegerea poziționării și relației dintre componente; Identificarea simbolurilor standardizate și a notelor tehnice din planșe;
- Corelarea informațiilor din diferite documente pentru a evita erorile.

Controlul materialelor

Înainte de începerea montajului, este obligatorie verificarea materialelor și pieselor pentru a ne asigura că acestea corespund cerințelor tehnice și de calitate.

Activitățile specifice includ:

- Identificarea pieselor și compararea cu lista de repere; Verificarea dimensiunilor și a toleranțelor, folosind instrumente de măsură (șubler, micrometru, ceas comparator); Detectarea defectelor vizuale (fisuri, zgârieturi, deformări);
- Verificarea materialului conform specificațiilor (tip de oțel, aliaj etc.);

Întocmirea fișelor de control pentru trasabilitate.

Activități practice

În cadrul activităților practice, elevii sau muncitorii sunt antrenați în:

- Simularea operației de montaj, conform documentației tehnice; Folosirea corectă a uneltelor și dispozitivelor specifice montajului;
- Respectarea normelor de protecția muncii.

Executarea montajului propriu-zis, în etape, cu control intermediar și final; Remedierea eventualelor neconformități și ajustarea pieselor, unde este permis.

11.2. Montarea bobinelor

Montarea bobinelor

Montarea bobinelor reprezintă o etapă importantă în procesul de realizare a echipamentelor electrice, cum ar fi transformatoarele, motoarele electrice sau releele. Bobinele sunt componente electromagnetice realizate din sârmă de cupru (sau aluminiu), înfășurată pe un suport, având rolul de a genera un câmp magnetic sau de a stoca energie sub formă de câmp magnetic.

Etapele montării bobinelor includ:

- Pregătirea suportului (nucleului magnetic) – verificarea stării sale și curățarea; Poziționarea bobinei pe suport, în conformitate cu desenele de execuție;
- Fixarea bobinei pe suport, prin prindere mecanică sau lipire (unde este cazul); Asigurarea poziționării corecte pentru evitarea scurtcircuitelor sau a vibrațiilor în timpul funcționării.

Procesul tehnologic de asamblare a bobinelor

Procesul tehnologic de asamblare presupune următoarele etape principale:

- Verificarea componentelor – bobine, suporturi, materiale de izolație;
- Montarea bobinelor pe miezul magnetic, cu respectarea direcției de înfășurare și a succesiunii fazelor;
- Realizarea legăturilor electrice între bobine, conform schemei de conexiuni;
- Fixarea bobinelor cu ajutorul distanțierelor, colierelor, șuruburilor sau materialelor speciale de ancorare;
- Aplicarea izolației finale, înainte de încapsulare sau închidere în carcasă;
- Testarea intermediară (izolație, continuitate, rezistență ohmică) pentru a verifica corectitudinea asamblării.

Izolarea electrică a bobinelor

Izolarea este o etapă esențială pentru siguranța și funcționarea corectă a bobinelor. Aceasta are rolul de a preveni scurtcircuitele, pierderile de curent și de a proteja utilizatorul.

Tipuri de materiale utilizate pentru izolare:

- Hârtie electroizolantă;
- Bandă de fibră de sticlă cu adeziv termorezistent; Lacuri izolatoare (impregnare prin scufundare sau vid-presiune); Tuburi termocontractabile, folii Mylar sau Kapton.

Etape ale izolării electrice:

- Izolarea strat cu strat, în timpul bobinării (la bobinele cu multe straturi);

- Izolarea capetelor de înfășurare și a ieșirilor spre borne; Impregnarea cu lac izolator, urmată de uscare în cuptor; Verificarea rezistenței de izolație cu megohmmetrul.

Activități practice

În cadrul activităților practice, lucrările pot include:

- Bobinarea manuală sau automată a sârmei pe suporturi cilindrice sau dreptunghiulare; Aplicarea izolației între straturi și la capetele de bobină;
- Montarea bobinelor în carcase sau pe miezuri magnetice;
- Executarea conexiunilor între bobine sau între bobină și bornele exterioare; Testarea rezistenței ohmice și a rezistenței de izolație;
- Identificarea și remedierea defectelor (fire rupte, scurtcircuit între spire, izolație necorespunzătoare).

Această etapă de montaj, izolare și testare a bobinelor este vitală pentru fiabilitatea și performanța echipamentelor electrice. Respectarea riguroasă a procesului tehnologic asigură o durată de viață mai mare și o funcționare sigură a ansamblului.

11.3. Verificarea modului de montare

Verificarea modului de montare a bobinelor

După realizarea montajului bobinelor, este esențial să se verifice dacă acestea au fost montate corect, în conformitate cu documentația tehnică și normele în vigoare. O montare corectă asigură funcționarea sigură și eficientă a aparatului electric.

Etape ale verificării:

- Compararea montajului realizat cu schema tehnologică și desenul de asamblu;
- Verificarea poziționării bobinelor pe suport sau miez magnetic;
- Controlul sensului de înfășurare și al ordinii fazelor, acolo unde este cazul;
- Asigurarea fixării mecanice corespunzătoare – fără jocuri sau mișcări nedorite;
- Examinarea aspectului vizual, pentru a detecta eventuale defecte (fire nefixate, spire deformate, izolație deteriorată).

Respectarea ordinii de montare a bobinelor

În multe aplicații, bobinele trebuie montate într-o anumită ordine, în funcție de rolul lor funcțional sau de polaritatea câmpului magnetic generat. O ordine greșită poate duce la dereglări în funcționarea aparatului, pierderi de randament sau chiar defecțiuni.

Principii importante:

- Respectarea ordinii fazelor (ex. în transformatoare trifazate);
- Montarea de la interior spre exterior, pentru a facilita izolarea și accesul;
- Evitarea montajului încrucișat al conductoarelor sau al capetelor de bobină;
- Utilizarea marcajelor corespunzătoare pentru începutul și sfârșitul fiecărei înfășurări.

Calitatea consolidării bobinelor între ele

Consolidarea bobinelor este necesară pentru a le fixa între ele și a asigura stabilitatea întregului ansamblu. O fixare deficitară poate produce vibrații, zgomote sau defecte în timpul funcționării.

Metode de consolidare:

- Folosirea colierelor, distanțierelor sau a clemelor speciale;
- Legarea bobinelor cu bandă de fibră de sticlă rezistentă la temperatură;
- Împregnarea cu lac izolator care acționează și ca agent de fixare;
- Presarea și strângerea controlată a pachetului de bobine.

Ce se verifică:

- Stabilitatea mecanică (bobinele nu trebuie să se miște);
- Uniformitatea presiunii între bobine;
- Absența punctelor de contact direct între sârmele conductoare ale bobinelor adiacente.

Respectarea distanțelor de montare dintre bobine

Distanțele dintre bobine sunt esențiale pentru:

- Asigurarea ventilației și răcirii;
- Prevenirea efectului de scurtcircuit între bobine;
- Respectarea izolării electrice;
- Încadrarea în standardele de siguranță și performanță.

Verificări importante:

- Măsurarea spațiilor dintre bobine cu instrumente adecvate;
- Compararea cu valorile prescrise în documentația tehnică;
- Asigurarea spațiilor pentru izolație și scurgere termică;
- Respectarea distanțelor minime față de carcasă sau elemente metalice.

Activități practice

În timpul lucrărilor practice, elevii sau tehnicienii vor executa următoarele:

- Simularea montajului bobinelor pe miezuri magnetice sau suporturi;

- Folosirea uneltelor și dispozitivelor de fixare și măsurare (șubler, coliere, prese);

- Aplicarea materialelor de izolație și consolidare (benzi, lacuri, tuburi);

- Verificarea mecanică și electrică a montajului (test de izolație, verificare polaritate); Remedierea defectelor constatate, sub supraveghere;Învățarea procedurilor de control final și completarea fișelor de verificare.

CAPITOLUL 12

12. Verificarea parametrilor tehnici ai bobinelor

12.1. Verificarea conformității bobinelor cu documentația tehnică

Verificarea conformității bobinelor cu documentația tehnică

După finalizarea procesului de bobinare și montaj, este obligatorie verificarea conformității bobinelor cu documentația tehnică. Aceasta include desenele de execuție, tabelele cu dimensiuni, toleranțe și specificații legate de materialele utilizate.

Scopul verificării este:

- Să se confirme că bobinele respectă dimensiunile și forma prevăzute;
- Să se asigure că materialele utilizate sunt cele specificate (sârmă de cupru, izolație etc.);
- Să se prevină montarea unor bobine neconforme, care pot afecta performanța sau siguranța echipamentului final.

Etape ale verificării:

- Consultarea desenelor tehnice (văzut din plan, secțiune, vedere frontală);
- Compararea dimensiunilor reale cu cele prescrise;
- Verificarea poziționării corecte a capetelor de înfășurare; Confirmarea tipului și grosimii izolației aplicate.

Măsurarea dimensiunilor finale ale bobinelor și ale ferestrelor

Pentru a asigura montajul corect pe miezul magnetic și pentru evitarea tensiunilor mecanice în exploatare, este importantă măsurarea atentă a bobinelor și a spațiilor (ferestrelor) în care acestea vor fi montate.

Dimensiuni verificate frecvent:

- Lungimea, lățimea și grosimea bobinei;
- Diametrul interior și exterior;
- Lățimea și înălțimea ferestrelor miezului;
- Spațiul dintre straturile de înfășurare (unde e vizibil);
- Grosimea izolației și poziția capetelor bobinelor.
-

Se urmărește:

- Încadrarea în toleranțele admise;
- Simetria și uniformitatea bobinei;
- Compatibilitatea bobinei cu locul de montaj.

Utilizarea instrumentelor de măsurare (șubler, micrometru)

Pentru a obține măsurători precise, se folosesc instrumente de măsură adecvate, calibrate și bine întreținute.

Instrumente utilizate:

- Șublerul – pentru măsurători generale (lungime, lățime, diametre exterioare și interioare, adâncimi);
- Micrometrul – pentru măsurători de mare precizie (grosimea sârmei, izolației, stratului de lac);
- Rigla milimetrică – pentru dimensiuni mai mari sau control rapid;
- Metru de tâmplărie sau bandă milimetrică – în cazul bobinelor de dimensiuni mari;
- Megohmmetrul – pentru verificarea rezistenței de izolație (în completare).

Reguli de folosire corectă:

- Se curăță suprafețele înainte de măsurare;
- Se aplică presiune constantă și corectă;
- Se efectuează măsurători în mai multe puncte pentru a identifica eventuale abateri.

Activități practice

În cadrul orelor de atelier sau al activităților practice, se pot desfășura următoarele:

- Măsurarea dimensiunilor bobinelor realizate manual sau automat;
- Compararea valorilor obținute cu cele din desenul tehnic;
- Utilizarea corectă a șublerului și micrometrului;
- Completarea fișelor de control dimensional;
- Identificarea și remedierea abaterilor de la toleranțele admise;
- Verificarea compatibilității bobinelor cu ferestrele miezurilor magnetice înainte de montaj.

Verificarea finală a conformității bobinelor este o etapă esențială pentru controlul calității, asigurând că produsul respectă cerințele tehnice, funcționează corect și are o durată de viață optimă. Aceste activități pregătesc elevii sau tehnicienii pentru munca de precizie cerută în domeniul electromecanic.

12.2. Măsurarea parametrilor electrici în curent continuu și curent alternativ

Măsurarea parametrilor electrici în curent continuu și curent alternativ

Măsurarea parametrilor electrici este o etapă esențială în procesul de testare, verificare și diagnosticare a bobinelor, transformatoarelor și a circuitelor electromagnetice. Acești parametri oferă informații despre comportamentul componentelor în condiții reale de funcționare și ajută la identificarea eventualelor defecțiuni sau abateri de la specificațiile tehnice.

Valorile normale ale rezistenței de izolație

Rezistența de izolație este o măsură a calității izolației electrice dintre spirele unei bobine sau între înfășurări și masă. O valoare scăzută a acesteia poate indica un risc de scurtcircuit sau avarie.

Valori orientative:

- Pentru echipamente de joasă tensiune: minim 1 MΩ;
- Pentru echipamente de medie sau înaltă tensiune: de ordinul zecilor sau sutelor de MΩ;
- Se măsoară cu megohmmetrul (tester de izolație), la tensiuni de test de 500V, 1000V sau mai mult, în funcție de aplicație.

Metode de măsurare a rezistenței electrice și a inductivității proprii și mutuale

12.2.1. Măsurarea rezistenței electrice (în curent continuu)

Se face cu ohmmetrul sau cu multimetrul digital.

12.2.2. Măsurarea inductivității proprii (L):

- Se poate face cu un punct RLC, inductanțmetru sau osciloscop;

- În regim de curent alternativ, bobina se conectează în circuit și se determină reacția la semnale sinusoidale.

12.2.3. Măsurarea inductivității mutuale (M):

- Se face pe un set de două bobine cuplate magnetic;

- Se măsoară tensiunea indusă într-o bobină (secundară) în funcție de curentul din bobina primară.

12.2.4. Alte tipuri de inductivități: Inductivitate utilă – partea din câmpul magnetic care participă efectiv la funcționare; Inductivitate de dispersie – parte din câmpul magnetic care nu este cuplată între bobine.

Impedanța bobinei

Impedanța (Z) este mărimea care caracterizează opoziția bobinei la trecerea curentului alternativ și include atât rezistența electrică, cât și reactanța inductivă.

Inductivitățile circuitelor cuplate magnetic:

- În circuitele cu două sau mai multe bobine (de exemplu, în transformatoare), bobinele influențează reciproc comportamentul electric prin cuplaj magnetic;
- Inductivitatea mutuală determină cât de eficientă este inducerea curentului de la o bobină la alta;
- Cuplajul magnetic este ideal când tot câmpul magnetic al primarului trece prin secundar (k = 1), dar în realitate este mai mic;

Calculul raportului de transformare în cazul transformatoarelor:

- Transformatoarele funcționează pe principiul inducției electromagnetice, iar raportul de transformare definește relația dintre tensiunile și numărul de spire ale înfășurărilor;
- Teoretic, pe baza desenului tehnic și a numărului de spire;
- Practic, prin măsurarea tensiunilor aplicate și reieșite.

Activități practice:

- Măsurarea rezistenței electrice a bobinelor cu ohmmetrul;
- Testarea rezistenței de izolație cu megohmmetrul;
- Determinarea inductanței cu aparate de măsură (LCR-metre);
- Măsurarea impedanței în regim AC și analiza frecvenței de lucru;
- Verificarea raportului de transformare la transformatoare experimentale;
- Trasarea caracteristicilor bobinelor (Z, L, M) în funcție de frecvență;
- Compararea rezultatelor cu datele din fișele tehnice și identificarea abaterilor.

Aceste activități practice sunt esențiale pentru pregătirea profesională a tehnicienilor și electricienilor, oferindu-le competențe în diagnosticarea, întreținerea și testarea echipamentelor electromagnetice.

Bibloiografie

1. **Mircea Covrig** - *Maşini electrice*
2. **Ioan Cioată, Al. Cozma** - *Bazele electrotehnicii*
3. **Necula, Cristian** – *Instalații electrice*, Editura Matrix Rom, București, 2016.
4. **Mihail Ceaușu, Vasile Ionescu** - *Transformatoare şi maşini electrice*
5. **C. Dinescu** - *Maşini electrice. Teorie şi aplicații*
6. **Tănasă, Vasile** – *Maşini electrice. Construcție şi funcționare*, Editura Tehnică, 2015.
7. **Mihăilescu, Radu** – *Electronica generală*, Editura Teora, București, 2017.
8. **Manual de utilizare WAGO** – *Tehnici de conectare și cablare electrică*,
9. **Catalog Phoenix Contact** – *Conectoare, cabluri și borne pentru automatizări*,
10. **IEC Standards** – *Electric cables – selection and installation guidelines*, International Electrotechnical Commission.
11. **Codul Tehnic al Instalațiilor Electrice – I7** – Ministerul Dezvoltării, România, actualizat 2022.
12. **Datasheet-uri componente** – STMicroelectronics, Vishay, Siemens, Schneider Electric.