

## 1. LABORATORUL DE ÎNALTĂ TENSIUNE

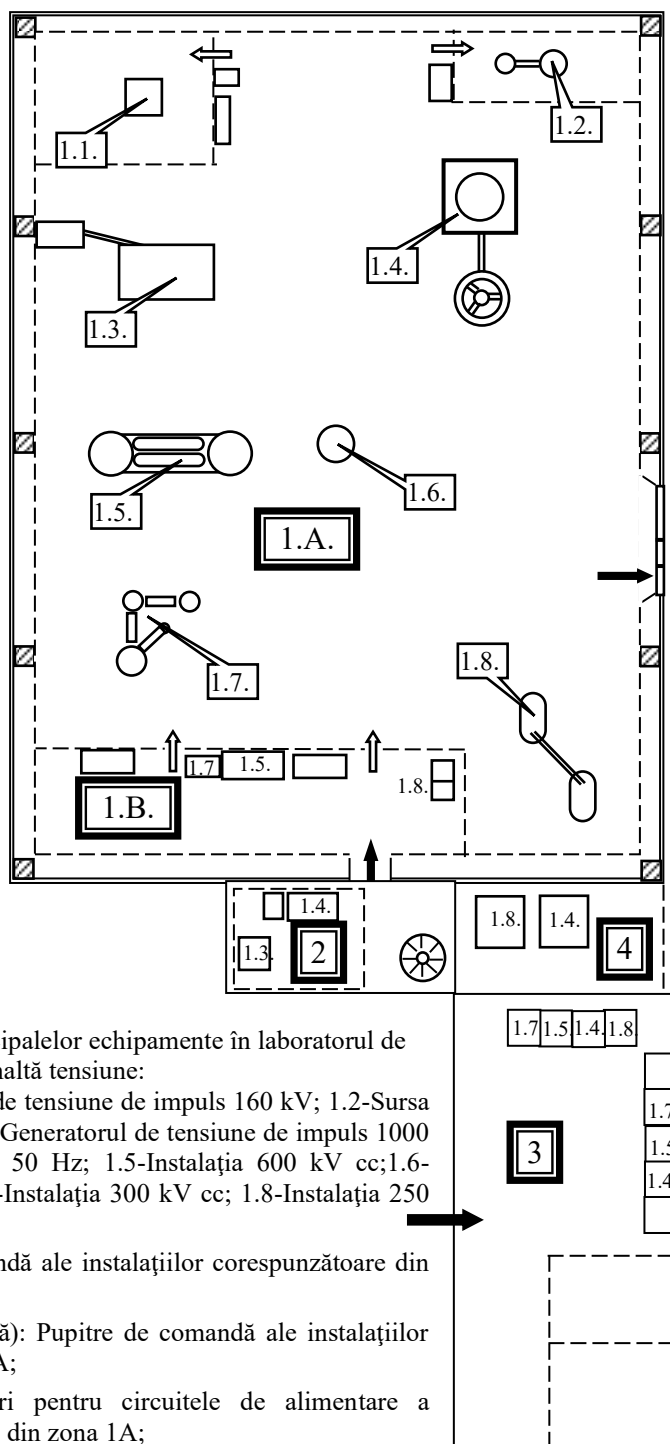
Laboratorul de înaltă tensiune al Departamentului de Energetică din Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași este organizat pe mai multe încăperi și un spațiu exterior, după cum este prezentat și în figura 1:

- Sala de înaltă tensiune (1A+1B);
- Sala panourilor electrice de alimentare (3);
- Camera de comandă (2);
- Parcul de autotransformatoare (4);
- Sala de modele de joasă tensiune.

**Sala de înaltă tensiune** are dimensiunile 24 x 18 x 9 m și este construită din elemente prefabricate din beton armat. La interior este prevăzut un ecran metalic (cușcă Faraday), care acoperă pereții, tavanul și pardoseala, fiind legat galvanic la priza de pământ aflată sub podea. Ecranul este construit autoportant, pe schelet de profile metalice și este realizat din tablă de oțel expandată, având grosimea de 1,25 mm. Montajul ecranului este aparent, cu excepția pardoselii unde este acoperit cu un strat de beton mozaicat. Ușile de acces în laborator sunt legate galvanic la ecran. Instalațiile de încălzire, apă, de forță și de iluminat sunt amplasate în spatele ecranului.

Priza de pământ a sălii de înaltă tensiune este formată din electrozi verticali și orizontali, legați prin sudură. Electrozii verticali sunt amplasați într-un caroiaj cu ochiuri pătrate și laturi de 6 m, care acoperă întreaga suprafață a pardoselii; sunt confecționați din țevă de oțel zincat cu diametrul de 76 mm și lungimea de 5 m. Capetele superioare ale electrozilor sunt legate prin platbandă de oțel zincat montată la adâncimea de 1 m și prin tabla expandată care constituie ecranul din pardoseală. Legăturile orizontale dintre electrozi sunt continuate până la scheletul metalic care susține ecranul din tablă expandată.

Pentru legarea la pământ a instalațiilor electrice de înaltă tensiune sunt prevăzute 6 cutii metalice dispuse câte trei pe două rânduri, legate prin suduri la priza de pământ. Rezistența de dispersie a prizei de pământ este evaluată la cca. 0,3  $\Omega$ , iar solul are permanent umiditate suficientă pentru menținerea constantă a acestei valori.



**Fig. 1** – Amplasarea principalelor echipamente în laboratorul de înaltă tensiune:

**Zona 1A:** 1.1-Generatorul de tensiune de impuls 160 kV; 1.2-Sursa de impuls de comutație; 1.3-Generatorul de tensiune de impuls 1000 kV; 1.4-Instalația 700 kV, 50 Hz; 1.5-Instalația 600 kV cc; 1.6-Eclatorul cu sfere Ø1m; 1.7-Instalația 300 kV cc; 1.8-Instalația 250 kV 50 Hz;

**Zona 1B:** Pupitre de comandă ale instalațiilor corespunzătoare din zona 1A;

**Zona 2**(camera de comandă): Pupitre de comandă ale instalațiilor corespunzătoare din zona 1A;

**Zona 3:** Celule și dulapuri pentru circuitele de alimentare a instalațiilor corespunzătoare din zona 1A;

**Zona 4:** Autotransformatoare reglabile pentru alimentarea instalațiilor corespunzătoare din zona 1A;

Iluminatul sălii este asigurat cu 16 corpuri amplasate deasupra ecranului, repartizate echidistant pe întreaga suprafață. Fiecare corp conține două lămpi: o lampă cu LED, având o putere de 100 W, și o lampă cu incandescență cu puterea de 300 W. Iluminatul este sectorizat pe cele două tipuri de lămpi și pe 4 axe longitudinale a câte 4 lămpi. Iluminatul incandescent este alimentat printr-un dispozitiv de variație a tensiunii de alimentare, astfel încât nivelul de iluminare poate fi reglat după necesități.

Sala de înaltă tensiune este organizată pe două zone:

- *zona instalațiilor de producere și măsurare a tensiunilor înalte*, în care sunt amplasate sursele de înaltă tensiune continuă, alternativă și de impuls, indicate în figura 1;
- *zona pupitrelor de comandă a unora dintre sursele de înaltă tensiune*. Această zonă este separată cu grilaje metalice de 1,8 m înălțime, legate la pământ, prevăzute cu inscripții avertizoare. În această zonă lucrează operatorii pe durata funcționării surselor de înaltă tensiune. Accesul în zona de înaltă tensiune se poate face numai prin locuri prevăzute cu bariere, a căror stare în poziția «deschis» împiedecă, prin blocaje electrice, punerea sub tensiune a surselor.

În afara spațiului sălii de înaltă tensiune, la etajul I, se află camera de comandă (notată cu 2 în figura 1), în care sunt amplasate pupitrele de comandă ale surselor care produc cele mai înalte tensiuni din laborator (700 kV tensiune alternativă și 1000 kV tensiune de impuls) ca și al eclatorului cu sfere de 1 m diametru. Camera de comandă este ecranată ca și sala de înaltă tensiune.

Sala de înaltă tensiune nu este dotată cu utilaje pentru ridicat. Ușa de acces din exterior permite accesul automacaralelor până la 16 tf și a remorcilor trailer pentru transportul utilajelor grele și a montării pe amplasament. Pentru lucrări ușoare de montaj și întreținere la înălțime există o platformă ridicătoare acționată hidraulic, cu sarcină utilă de 180 kg.

Sala panourilor electrice de alimentare cuprinde o instalație de distribuție la 0,4 kV, având un sistem de bare la care sunt racordate 5 celule echipate cu întrerupător, separator și borne de ieșire la care sunt racordate cablurile de forță pentru alimentarea surselor de înaltă tensiune, a iluminatului sălii de înaltă tensiune ca și altor consumatori mai mici. În aceeași sală se mai află și dulapurile cu contactoare, siguranțe, relee de protecție, autotransformatoare reglabile, care deservește sursele din sala de înaltă tensiune. O parte a sălii este ocupată de montajele lucrărilor de laborator pentru încercarea izolației transformatoarelor și cablurilor de înaltă tensiune.

Parcul de autotransformatoare, situat în imediata apropiere a sălii panourilor de distribuție servește pentru amplasarea a două autotransformatoare reglabile, de mare

putere, destinate alimentării cu tensiune reglabilă a instalațiilor de producere a tensiunilor înalte alternative de 250 kV și de 750 kV.

Sala modelelor de joasă tensiune se afla la etajul 1, fiind dotată cu modele fizice pentru studiul supratensiunilor interne și externe. Principalele modele fizice din laborator sunt:

- model trifazat de linie electrică aeriană de 400 kV, cu sursă independentă;
- model monofazat de linie electrică aeriană 400 kV, inclusiv modelarea descărcării corona;
- model trifazat de rețea de medie tensiune pentru studiul regimurilor neutrului;
- model pentru studiul propagării undelor de tensiune în diferite configurații de linii electrice;
- modele electromagnetice combinate de transformator;
- model de lanț de izolatoare;
- model de generator de tensiune continuă în cascadă.

## **2. INSTRUCȚIUNI DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI TEHNICA SECURITĂȚII pentru LABORATORUL DE ÎNALTĂ TENSIUNE**

Specificul acestui laborator, prin prezența unor surse de tensiuni foarte înalte, impune respectarea riguroasă a normelor tehnice și organizatorice prevăzute pentru desfășurarea în deplină siguranță a activităților.

### **1. Norme tehnice și organizatorice comune tuturor instalațiilor din laborator**

Pe întreaga durată a lucrărilor de laborator, studenții vor fi asistați de un cadru didactic care organizează și conduce activitatea. Studenții nu vor intra sau părăsi laboratorul decât cu permisiunea cadrului didactic.

Simultan se vor desfășura în sala de înaltă tensiune cel mult două lucrări. Zonele de lucru ale acestora vor fi separate cu grilaje mobile legate la pământ, amplasate corespunzător pentru păstrarea distanțelor de protecție adecvate nivelului tensiunilor nominale ale instalațiilor folosite.

Accesul studenților este permis permanent numai în zona 1B (conform figurii 1 din paragraful anterior), lipsită de surse de înaltă tensiune, zonă delimitată prin grilaje metalice legate la priza de pământ. În zona 1A, a surselor de înaltă tensiune, este permis accesul, dar numai după îndeplinirea operațiilor de asigurare împotriva prezenței tensiunii înalte sau a sarcinilor electrice remanente.

Toate sursele de înaltă tensiune sunt monopolare, având una dintre borne legată la priza de pământ a laboratorului. Este de cea mai mare importanță existența și integritatea legăturilor la pământ a acestor surse. De asemenea, toate componentele montajelor (divizoarele de tensiune, condensatoarele de măsură, eclatoarele etc.) vor

avea legăturile la pământ în stare perfectă. Aceleași verificări trebuie făcute și la scurtcircuitoarele mobile (prăjini electroizolante cu vârf metalic) folosite pentru protecția individuală la pătrunderea în zona de înaltă tensiune.

Tensiunea furnizată de instalații este reglabilă între 0 și  $U_n$ . Toate sursele au blocaj de tensiune minimă, deci nu pot fi cuplate decât dacă elementul de reglaj a tensiunii este pe poziția de tensiune minimă. Este prevăzută deconectarea automată în cazul apariției unui scurtcircuit (descărcare electrică) în montajul experimental.

Accesul în zonele de înaltă tensiune se va face numai prin locurile anume destinate. Ridicarea barierei mobile are ca efect întreruperea alimentării instalației de înaltă tensiune și, pentru sursele de tensiune continuă, închiderea unui separator care scurtcircuitează la pământ bornele de înaltă tensiune.

***În toate cazurile când se intră în zona de înaltă tensiune se va verifica cu ajutorul scurtcircuitului mobil, lipsa tensiunii pe părțile metalice izolate față de pământ ale instalației de lucru.***

La executarea montajelor se va acorda atenție fixării corecte a conductoarelor pentru a preveni schimbarea poziției acestora sub influența greutatei proprii ceea ce poate conduce la scurtcircuite în timpul aplicării tensiunii. De asemenea se vor verifica cu atenție și se vor reface, la nevoie, toate legăturile la pământ.

Punerea sub tensiune a instalațiilor se va executa numai după instruirea temeinică asupra modului de operare și însușirea manevrei de deconectare rapidă în caz de necesitate.

***Punerea sub tensiune se execută numai cu permisiunea cadrului didactic care a verificat starea instalației care urmează a fi pusă în funcțiune și a montajului conectat la aceasta.***

## **2. Măsuri tehnice de protecție a muncii și tehnica securității specifice principalelor instalații din laboratorul de înaltă tensiune**

### ***a) Instalația de încercare cu tensiune înaltă de frecvență industrială, 700 kV***

Pupitrul de comandă este situat în camera de comandă. Înainte de punerea în funcțiune a instalației se execută:

- racordarea circuitului de blocare a accesului în zona de înaltă tensiune, fie la porțile de acces (prevăzute cu bariere) către zona de lucru, fie la ușa de acces în sala de înaltă tensiune;

- înlăturarea scurtcircuitului mobil de pe borna de înaltă tensiune a instalației. Numai după părăsirea zonei de înaltă tensiune se cuplează alimentarea circuitelor primare și secundare de la tabloul general din sala surselor de alimentare. Deconectarea rapidă a tensiunii se poate face cu ajutorul butonului ciupercă de culoare roșie de pe pupitrul de comandă.

După terminarea lucrului se deconectează alimentarea instalației și se repune scurtcircuitul mobil pe borna de înaltă tensiune. În această stare se menține instalația atât timp cât nu este utilizată.

### ***b) Instalația de încercare cu tensiune de impuls 1000 kV, 12,5 kJ***

Pupitrul de comandă este situat în camera de comandă. Generatorul de tensiune de impuls (GIT) este prevăzut cu un separator de punere la pământ care este închis atât timp cât sursa de înaltă tensiune continuă, de încărcare a generatorului, nu este alimentată.

Generatorul de tensiune de impuls este prevăzut cu un dispozitiv de punere la pământ a bornelor și carcaselor condensatoarelor de pe toate etajele, cu ajutorul unui cablu metalic. Atât timp cât generatorul nu este utilizat el va fi menținut în starea *pus la pământ* pe toate etajele cu ajutorul acestui dispozitiv.

Înainte de conectarea circuitelor primare și de comandă, legătura la pământ se înlătură. Pe durata funcționării GIT nu se pun în funcțiune alte instalații din laborator.

Este interzisă urcarea pe stelajul GIT, chiar dacă este legat la pământ vizibil, la toate etajele. Pentru intervenții ca ștergerea prafului de pe sfere, schimbarea setului de rezistențe etc. se va folosi platforma telescopică. Nu se va lucra la GIT decât după ce se va verifica cu scurtcircuitul mobil, lipsa tensiunii remanente pe bornele și carcasele condensatoarelor de impuls.

### ***c) Instalațiile de încercare cu tensiune continuă 600 kV și 300 kV***

Instalațiile sunt prevăzute cu separatoare automate care execută scurtcircuitarea la priza de pământ a bornelor condensatoarelor atât timp cât transformatorul de înaltă tensiune nu este alimentat. Cu toate acestea, se va folosi și scurtcircuitul mobil ori de câte ori se lucrează la instalație.

Pupitrul de comandă este prevăzut cu buton ciupercă de culoare roșie pentru deconectare generală rapidă.

Înainte de începerea lucrului se vor verifica legăturile la priza de pământ ale divizorului de tensiune și separatorului automat.

**d) Instalația de încercare cu tensiune înaltă de frecvență industrială 250 kV**

Înainte de punerea în funcțiune se verifică starea legăturilor între treptele cascadei și legarea la pământ a carcasei primei trepte.

Pe toată durata funcționării, operatorul va sta pe platforma pupitrului de comandă, care este prevăzută cu un contact electric în podea pentru confirmarea prezenței acestuia și care împiedică punerea sub tensiune dacă operatorul lipsește. Este interzisă simularea prezenței operatorului prin așezarea unor greutăți pe platformă.

Deconectarea rapidă a instalației se poate face cu ajutorul a două separatoare de joasă tensiune intercalate în circuitele bobinelor de acționare a contractoarelor din circuitul primar. Manetele acestora sunt amplasate vizibil și accesibil pe pupitrul de comandă.

La executarea operației de verificare a lipsei tensiunii se va avea în vedere că și cuva transformatorului din treapta a doua a cascadei se află, în timpul funcționării, sub tensiune.

**e) Platforma telescopică**

Utilizarea platformei telescopice presupune respectarea următoarelor indicații:

- înainte de utilizare se verifică, fără sarcină, funcționarea instalației hidraulice de ridicare - coborâre.
- utilizarea platformei ridicătoare se va face numai după calarea celor patru brațe laterale, fără ridicarea de pe roți.
- nu se admite folosirea platformei decât în poziție orizontală.
- este interzisă depășirea sarcinii admisibile a platformei - 180 kg.
- nu se va lucra la înălțime decât în prezența unei alte persoane care va acționa comenzile de ridicare - coborâre, la cererea persoanei de pe platformă.
- nu se va folosi platforma dacă nivelul uleiului în rezervor nu este cel normal.
- pe durata lucrului la înălțime persoana de pe platformă va fi echipată cu centura de siguranță, cu cască de protecție și nu se va apleca în afara podețului.