

ELEKTROTECHNIKA I. ZH (2013-2014. 1. félév)

A tanszék által az első zárthelyire kiadott adott ellenőrző kérdések

Az elektrotechnika alapjai

1. Történeti áttekintés. A villamosság, mint jel- és energiahordozó.

Az elektrotechnika magyarországi története Jedlik Ányos (19. század) munkásságával kezdődött. Nevéhez az elektromotor (villámdelejes forgony) és a dinamóelv feltalálása kötődik. A század vége felé közeledve, 1878-ban Mechwart András révén megszületett a Ganz-gyár elektromos osztálya. Itt szabadalmaztatta Bláthy Ottó, Déri Miksa és Zipernowsky Károly a transzformátort (1885), illetve a párhuzamos kapcsolás elvét. A 20. század elején Kandó Kálmán feltalálta és tökéletesítette többek között a villamos vontatás elvét. Kandó munkásságát aktívan figyelemmel kísérte Verebely László is.

Az egyenáramot (DC) és váltakozó áramot (AC) jellemző fizikai mennyiségek az amplitúdó (váltakozó áramnál): feszültség (U) és áramerősség (I), a frekvencia (f), a fázis és a periódusidő (T). Számunkra nagyon fontos az energiatartalom (E) és a teljesítmény (P). A napjainkban használt feszültségi rendszerek: egyenfeszültségű (pl. villamos), váltakozó feszültségű (országos hálózat), egyfázisú (épületek), illetve háromfázisú (országos elosztó) hálózatok.

50 V alatt beszélünk törpefeszültségről, 1 kV-ig kisfeszültségről, 100 kV-ig terjed a középfeszültség tartománya, e felett pedig már nagyfeszültségről van szó.

2. Áramnemek, többfázisú rendszerek. A többfázisú rendszerek előnyei, a háromfázisú rendszerek tárgyalása.

A villamos energia létrehozása, elosztása, szállítása és felhasználása legtöbb esetben háromfázisú rendszerben történik. Ritkábban alkalmazzák a nagytávolságú, nagyfeszültségű egyenáramú átvitelt. A kis teljesítményű fogyasztók is kivételt képeznek a háromfázisú rendszerek alól.

A háromfázisú rendszer három csillagkapcsolású tekercsből áll, melyek 120° -os szöget zárnak be (a csillagpont földelt). A rendszerben ún. forgó mágneses tér jön létre, amely az aszinkron motorok működésének alapja. Szimmetrikus esetben nincs szükség nullavezetőre, illetve földelt esetben nem folyik áram a földvezetőken, így nem keletkezik veszteség. A fázisonkénti teljesítményösszeg (pillanatnyi értékeket vizsgálva is) állandó (ehhez legalább három fázis kell, de annyi elég is, ez tehát a legkevesebb fázist igénylő megvalósítás). Ennek köszönhetően a különböző villamos gépek állandó nyomattékkal dolgozhatnak.

3. Melyek a magyar energiapolitika stratégiai céljai?

Az ellátás biztonsága: megfelelő energiaforrás-struktúra, kockázatmentes energiainport, energiahordozó készlet (tartalék) kialakítása, infrastrukturális fejlesztések, a lakosság ellátása, szociális felelősség.

Versenyképesség: korlátlan energiapiacok, integrálódás az EU egységes belső piacába, az állami beavatkozás kiküszöbölése (árak terén), kutatás, fejlesztés.

Fenntarthatóság: energiatakarékosság, határfok és rugalmasság javítása, megújuló energiaforrások arányának növelése, hatékonyabb energiafelhasználás, környezetszennyezés csökkentése.

4. Mit jelent az ellátásbiztonság a gyakorlatban?

Az ún. Zöld Könyv fogalmazza meg. A villamos és gázpiacok megnyitásának kiteljesítése (cél: gazdasági fejlődés, munkahelyteremtés), belső energiapiac, szolidaritás a tagállamok között (kölcsonös érdek), hatékonyabb és változatosabb energiaszerkezet (cél: biztonság, versenyképesség), az éghajlatváltozás kezelése, innovációra ösztönzés, egységes külpolitikai fellépés.

Megfelelő kereskedelmi szerződések, kevesebb pénzügyi és politikai kockázat, összefüggő, stabil piacok, igény-lehetőség egyensúly, az infrastruktúra szinten tartása és fejlesztése, ösztönzés.

5. Mely környező országokkal van, és melyekkel nincs távvezetési kapcsolatunk?

Ukrajnával 3, Romániával 2, Szerbiával 1, Horvátországgal 2, Ausztriával 2 és Szlovákiával 2 (illetve 1 tervezett, ahogyan Szlovéniával is) nagyfeszültségű távvezeték van kapcsolata Magyarországnak. Ezek legnagyobb csomópontja Albertirsa, ide fut be a Magyarországot Ukrajnával összekötő 750kV-os távvezeték is.

6. Melyek az energiaszállítás (tranzit) fő irányai?

Szlovákiából érkezik Magyarországra a legtöbb energia (9000 GWh), Ukrajnából ennek közel a fele (4500 GWh, az export elenyésző ehhez képest). Ausztria irányában az export meghaladja az importot (150-200 GWh differencia), csakúgy, mint Horvátország esetében (kb. 6000 GWh). Románia felől energia nem érkezik, az export sem jelentős a többi országhoz képest.

A villamosenergia-átalakítás általános elvei és törvényei

1. Névleges adatok, teljesítmények.

A villamos gépeknek különböző teljesítményei vannak. Így beszélhetünk látszólagos teljesítményekről, hatásos villamos teljesítményekről, meddő teljesítményekről, tengelyteljesítményekről (forgógépek, motorok) stb.

2. A villamos energiaátalakítás folyamata.

Villamos energiaátalakításon azt a folyamatot értjük, amikor más jellegű energiát alakítunk át valamilyen átalakító eszköz segítségével villamos energiává. Az átalakított energia a leggyakrabban mechanikai energia. Az átalakítás iránya megfordítható, azaz lehetséges a villamos energiát más energiává átalakítani. Az energiaátalakítás lehetőséget ad arra, hogy adott feladathoz a lehető leghatékonyabb formában használhassuk fel az energiát. Az átalakítás nem jár veszteségek nélkül, a feladat az, hogy a veszteséget minden esetben minimalizáljuk (kivéve ha éppen a veszteséget hasznosítjuk).

3. A villamosenergia-átalakítás közege.

A villamosenergia-átalakítás közege a mágneses tér. Ennek energiasűrűsége akár négy nagyságrenddel nagyobb lehet a villamos térénél.

4. Vasmagos és vasmentes tekercsek, a vasmag és a levegő gerjesztésigénye.

Vasmag alkalmazása a tekercsben nagyságrendekkel megnövelheti a kialakuló mágneses tér indukcióját. Ennek az oka az, hogy a vas relatív permeabilitása nagyságrendekkel nagyobb a levegőénél.

$$B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

Hátránya az, hogy a vas telítődése miatt legfeljebb kb. $B=2T$ indukcióig alkalmazható. Nagyobb indukciójú mágneses tereket például szupravezetős tekercsekkel lehet előállítani.

5. Az elektromechanikai energiaátalakítás törvényei.

Az energiaáramlás iránya a villamos gépekben megfordítható, azaz egyazon villamos gép motorként és generátorként is üzemelhet (üzemállapot: motoros/generátoros üzem).

Az energiaátalakítás hatásfoka elvileg elérheti a 100%-ot. Gyakorlatban ez nem megvalósítható, de megközelíthető (egyes transzformátoroknál a 99,5%-os hatásfok reális).

Az átalakító működése két, egymáshoz képest nyugalomban levő (gyakorlatban többségében) mágneses vagy villamos tér kölcsönhatásán alapszik.

6. A villamosenergia-átalakítók osztályozása.

A villamosenergia-átalakítókat négy nagy csoportra osztjuk (megjegyzendő, hogy a csoportosítás szinte minden forrást tekintve más, de az általános elv azonos). Villamos gépeknek tekintjük az elektromechanikai átalakítókat (forgógépek, motorok, többdimenziós villamos gépek), illetve a transzformátorokat. Közvetlen átalakítók a napelemek, a tüzelőanyag-cellák és a termogenerátorok. Nemkonvencionális átalakítók a szupravezetők felhasználásával készült eszközök, illetve a magnetohidrodinamikus (☺) generátorok. A negyedik csoportot képezik a félvezetős energia-átalakítók (konverterek).

7. A villamos gépekkel kapcsolatos általános feladatok.

Külön kategóriát képez a transzformátor, amely villamos energiát alakít át villamos energiává.

Az elektromechanikai átalakítók tervezése során több kérdés is felmerülhet. A mechanikai energiát szolgáltató (haladó, forgó) mozgás létrehozása az első megoldandó feladat. Ez megvalósítható mechanikai forgatással vagy álló tekercsrendszer alkalmazásával. A mechanikai energia biztosítása után meg kell vizsgálni, hogy létrehozható-e állandósult állapot, illetve hogy ez fennmarad-e (stabilitásvizsgálat). Foglalkozni kell az aszimmetrikus táplálás esetével is, illetve azzal, hogy mi történik, ha változik a terhelés vagy a táplálás (tranzienst – villamos viszonyok; dinamikus – mechanikai viszonyok vizsgálata).

8. Az elektromechanikai rendszerek felépítése.

Villamos rendszerek jellemzői: feszültségek, áramok. Jellemzés: Áramköri egyenletek (Kirchhoff). Mágneses rendszerek jellemzői: mágneses fluxus, erő. Mechanikai rendszerek jellemzői: sebesség, gyorsulás, pozíció. Jellemzés: Newton-törvények, erő- és nyomatékegyenletek. Termikus rendszer jellemzői: melegedés, szellőzés, rezgés (zaj). Anyagmérnöki rendszer: mágneses anyagok, szigetelők, vezetők, szerkezeti anyagok.

Ezeket túl a különböző típusú rendszerek jellemzői is befolyásolják egymást, így például a termikus tulajdonságok a mechanikai tulajdonságokat, a villamos jellemzők a mágneses jellemzőket stb.

9. Villamos gépek tervezésének alapjai, a tervezés jellemzése.

A struktúra, az anyagok és a funkcionalitás közti optimumot kell keresni. Emellett az egyik legfontosabb alapelv a költséghatékonyság, amely általában erősen szemben áll a technikai optimummal.

A tervezés során fontos, hogy a gyárthatóság korlátait ne lépjük át, és hogy a termék más eszközökkel egybeépíthető legyen (integrálhatóság). Az előírt teljesítőképességre és megbízhatóságra vonatkozó követelményeket nem csupán kielégíteni, hanem meghaladni kell.

- A tervezési folyamat lépései

A tervezés nem azonos az eszköz végleges megvalósításával. A tervezés lépései: fizikai értelmezés (a fizikai megoldás megválasztása), matematikai modellezés (a rendszer és annak szerkezete), analízis (a következmények vizsgálata, induktív lépés), szintézis (felépítés, deduktív lépés), költségoptimalizálás.

- Tervezési faktorok

Gazdaságosság: azonos műszaki megoldások közül az a jobb, amelyik olcsóbb. Manapság az eladási árat felváltja az élettartam-ár. Fontos tervezési szempont az anyag is (pl. milyen típusú mágnest válasszunk). Követni kell a leírt szabályokat (teljesítmény, fordulatszám, feszültség, áram, méretek). Mindezek mellett figyelembe kell venni a méretet, a tömeget, a zajszintet stb. Természetesen a technikai lehetőségek is meghatározzák a tervezést.

- Igénybevételek

Villamos igénybevételek az áramsűrűség (j) és az áramerősség (I). Az aktív vezetőket a lehető legjobban ki kell használni nyomatékképzés szempontjából, minden szöghelyzetben. Mágneses igénybevételek az indukció (B) és a fluxus (Φ). A mágneses csatolást maximalizálni kell úgy, hogy a veszteség minimális legyen. Maximalizálni kell az átütési feszültséget is, minimális távolságok mellett. A mechanikai igénybevételekkel is számolni kell, ilyenek az erő (F) és a mechanikai feszültség (σ). A leadott teljesítménynek maximálisnak kell lenni minimális mechanikai feszültségek mellett. A hőtranszfert is maximalizálni kell a termikus határértéken belül.

10. Növekedési törvények

- Igénybevételek

A villamos gépek esetén a legjelentősebb igénybevételek a mágneses fluxus (Φ) és az áramerősség (I). Ezek a mennyiségek a geometriai jellemzőkkel (pl. hossz, L) négyzetesen arányosak, így a névleges teljesítmény a geometriai méretek negyedik hatványával arányos. $S \sim L^4$.

- A fajlagos mutatók skálatörvényei

A súly (G) és a villamos gépek azzal arányos ára (A) arányos a köbtartalommal, tehát $G \sim A \sim L^3 \sim S^{3/4}$. Növekvő teljesítmény mellett csökken tehát a fajlagos súly és a fajlagos ár. A vas- és rézveszteségek, illetve a mágneses meddő teljesítmény is a súllyal arányosak, tehát a teljesítmény növekedésével a határfok is javul.

- Transzformátorparaméterek skálatörvényei

A szükséges hűtőfelület nagysága a lineáris méret négyzetével nő, tehát növekvő teljesítmény mellett egyre intenzívebb hűtés szükséges. Előnyös tehát nagyobb egység teljesítményű transzformátorokat gyártani.

Mágneses anyagok, terek és körök

1. Mágneses anyagok: dia-, para-, és ferromágneses anyagok.

Diamágnesek („ellenmágnesek”): réz, arany, ezüst. Szuszceptibilitásuk negatív, relatív permeabilitásuk 1-nél kisebb. Az erővonalak úgy helyezkednek el, mintha az anyag taszítana. Paramágnesek („visszamágnesek”): alumínium, platina. Szuszceptibilitásuk pozitív, relatív permeabilitásuk 1-nél nagyobb. Az erővonalak úgy helyezkednek el, mintha az anyag vonzana. Ferromágnesek: vas, kobalt, nikkell. Szuszceptibilitásuk és relatív permeabilitásuk 1-nél nagyságrenddel nagyobb. Külső mágneses tér hatására állandó mágnessé válnak, és a mágneses terük akkor sem szűnik meg, ha a gerjesztést eltávolítottuk.

2. A mágnesezési görbe jellegzetességei.

A mágnesezési görbe az anyagra jellemző H - B -grafikon, mely az origóból indul. A skála logaritmikus. A térerősség kis értékei esetén a mágneses fluxus (és ez által a mágnesezési görbe) megközelítőleg lineárisan változik. Nagy térerősség értékei esetén a változás nem lineáris. Ilyenkor mondjuk, hogy a mágnesezési görbe telítődő. Az első mágnesezési görbét szűzgörbének nevezzük. A görbe egy pontjához húzott érintő meredeksége a differenciális permeabilitás. A vízszintes tengelyen szokás ábrázolni a mágneses térerősség (H) csúcs- (vagy effektív) értékét, a függőlegesen a mágneses indukció (B) csúcserőértékét.

3. A mágneses hiszterézis jelensége és magyarázata.

A hiszterézis jelentése késés. Nevezetesen az indukció (B) késik a mágneses térerősséghez (H) képest. Így ún. hiszterézishurok alakul ki. A mágneses hiszterézis ferromágneses anyagokban lép fel, oka a dipólusok beállításának késése. A görbe metszéspontjai a tengelyekkel: B_r – remanens indukció, H_c – koercitív erő.

4. A vasveszteség.

A mágneses anyagok felmágnesezése hőveszteséggel jár.

- **Hiszterézis-veszteség**

A ferromágneses anyagokra jellemző. A veszteség arányos a hiszterézishurok területével.

- **Örvényáram-veszteség**

Az időben változó mágneses tér vezető közegben áramot indukál. A vasmagban indukálódó feszültség és áram veszteséget jelent, ezt nevezük örvényáram-veszteségnek (az áramok örvényként veszik körbe a vasmagon kialakuló fluxust). Minél nagyobb a vasmag ellenállása, ez a veszteség annál kisebb. Ezt a veszteséget lemezeléssel lehet csökkenteni úgy, hogy a lemezhatárok merőlegesek az örvényáramokra. Megoldást jelenthet az ellenállás növelése is.

- **Statikus és dinamikus hiszterézis-hurok**

Lassú változások esetén az örvényáram-veszteség elhanyagolható, ilyenkor statikus hiszterézis-hurokról beszélünk. Gyors változások esetén az örvényáramok miatt kiszélesedik a görbe, ilyenkor dinamikus hiszterézis-hurokról beszélünk. Utóbbi alakul ki például akkor, ha hálózati, vagy más, nagy frekvenciájú váltakozó feszültséggel hozzuk létre a mágneses teret. Ekkor az anyagban örvényáram jön létre, mely Lenz törvénye értelmében tovább késlelteti a fluxusváltozást, ezért a hiszterézisgörbe szélesedik.

5. Lemezelés, a lemezek tulajdonságai: izotróp és anizotróp lemezek.

Lemezeléshez vas alapú, lágymágneses anyagokat szokás alkalmazni. Váltakozó áramhoz vékonyra sajtolt lemezeket gyártanak. Az örvényáram-veszteség csökkentése érdekében szilíciumot adnak a vashoz. Ennek köszönhetően 50Hz-es frekvencián a veszteség nagy része a hiszterézisből adódik. Orientált szerkezetű lemezek: anizotrópia jellemző, transzformátorokban használják őket. Nem orientált szerkezetű lemezek: izotrópia jellemző, forgógépekben ilyeneket alkalmaznak. A sajtolás a szemcsehatárokat megrongálja, amely mechanikai feszültségeket okoz, rontva ezzel a mágneses tulajdonságokat (hőkezeléssel helyreállítható).

Elektromágneses kompatibilitás (EMC)

Az elektromágneses környezetvédelem két részre oszlik: a biológiai hatások vizsgálatára, illetve az elektromágneses kompatibilitásra.

1. Melyek az EMC legfontosabb területei?

A kisfrekvenciás hatások (LFI, 2 kHz-ig) a különböző háztartási gépekre jellemzők. Csak nagyon rövid ideig, és rendkívül csekély mértékben jelentkeznek, emiatt nem veszélyesek az emberi szervezetre (Faraday-kalitkával árnyékolhatók is). A határértékek: 200 μ T (emberre), 1,26 μ T (gépekre). Ide soroljuk a távvezetékek mágneses terének hatásait is.

Az elektromágneses impulzusokhoz (EMP) tartoznak a villámcsapások, melyek komoly károkat (gyakran halált is) okozhatnak az élő szervezetben. Hasonló veszélyekkel járhatnak az elektrosztatikus kisülések (ESD) is. Az elektromágneses kompatibilitás témaköréhez tartozik

például a mobiltelefonok elektromágneses sugárzása, ezeket a jelenségeket a rádiófrekvenciás hatásokhoz (RFI) soroljuk.

2. Mutassa be az elektrosztatikus feltöltődések és kisülések okozta legfontosabb veszélyeket!

Az elektrosztatikus feltöltődéseket megfelelő földeléssel és elvezetéssel lehet elkerülni. Amennyiben ez nincs meg, úgy a feltöltődés végül kisüléshez vezethet, mely tüzet vagy robbanást okozhat. Egy ember kapacitása kb. 150pF, és akár több ezer volt feszültségre is képes feltöltődni (pl. műanyagpadlón, gumitalpú cipőben). A tárolt energia mJ nagyságrendű, ám a kisülés során létrejövő áram csúcsértéke akár 30-40 amper is lehet, mely elegendő különböző gázok robbanásához is. Az elektrosztatikus kisülések tönkretelhetnek félvezető eszközöket, így integrált áramköröket, chipeket is.

A nagyméretű silók esetében is figyelembe kell venni az elektrosztatikus kisüléseket, hiszen az áram csúcsértékének köszönhetően elegendő energia jön létre, hogy a siló tartalma felrobbanjon (pl. liszt, illetve különböző porok).

3. Milyen eszközöket használunk a primer és szekunder villámvédelemben?

A primer villámvédelem legjellegzetesebb eszköze az épületek tetején megtalálható villámhárító. Ennek feladata az, hogy amennyiben az épület közelében villámcsapás történik, az előre eltervezett és biztonságos módon érje el a földet, hogy ne okozhasson károkat.

A szekunder villámvédelem a belső villámvédelemmel foglalkozik. Ennek módszere például a földelés (közvetlen villámcsapásnak kitett eszköz esetén) direkt módon vagy szikraközön keresztül (két elektróda, melyek közt magas feszültségű impulzusok léphetnek fel). A varisztorok adott feszültségérték felett vezetni kezdik az elektromos áramot. Ezeket alkalmazzák olyan esetekben, amikor a közvetlen villámcsapás kizárható, de a mágneses erőter veszélyt okoz.

A természetes villámvédelem azt jelenti, hogy a lehető legbiztonságosabban helyezkedjünk el, ha fennáll a villámcsapás lehetősége. Így például erdős területen a fák gyökerétől számított tíz méterre, guggolva van legtöbb esély arra, hogy a becsapó villám nem tesz kárt bennünk.

4. Milyen területekkel foglalkozik a nem ionizáló sugárzások elleni védelem?

Ionizáló sugárzások a 10^{15} Hz feletti frekvenciájú sugárzások. Alacsonyabb frekvencián a sugárzás nem ionizáló, de egyértelműen nem lehet megállapítani az élettani hatását. Kérdések: Hozzájárulnak-e a nem ionizáló sugárzások a rák kialakulásához? Hatással vannak-e a szaporodásra, illetve a fejlődésre? Hatással vannak-e az idegrendszerre? Természetesen nagymértékű sugárzásokat tekintve igen, de átlagos mértékben nem jelenthető ki, hogy egyértelműen káros hatásúak lennének.

5. Hasonlítsa össze az embert érő közvetlen villámcsapás és az embert érő elektrosztatikus kisülés veszélyességét!

Közvetlen villámcsapás esetén óriási feszültség alakul ki. Az emberi szervezetnek van elektromos ellenállása, így a feszültség nagysága miatt az áramerősség is nagy. Az áram a testbe nem hatol be, a testfelszínen azonban égési sérüléseket okozhat. A halált okozó villámcsapások legtöbbször a szív, illetve a légzés bénulását okozzák. Azonnali ellátással 50%, anélkül csupán 10% a túlélés esélye.

Az elektrosztatikus kisülések közvetett veszélyt jelentenek az emberre. Tűzet, robbanást képesek okozni, melyek balesetekhez vezethetnek. A hétköznapi életben ez ritka, hiszen ritkán halmozódik fel annyi töltés, amely az emberre is veszélyes áramerősséget hozhat létre kisülés során.

Feszültség alatti munkavégzés (FAM)

A feszültség alatti munkavégzés legfőbb előnye az, hogy amennyiben a villamosenergia-szállító, elosztó és szolgáltató berendezéseken a szükséges beavatkozások egy részét működés közben (feszültség alatt) is el lehet végezni, úgy nem kell megszüntetni vagy korlátozni a villamosenergia-ellátást.

1. Feszültség szintek

A feszültség alatti munkavégzés is csoportosítható feszültség szintek alapján. A kisfeszültségű FAM tartománya váltakozó feszültség esetén 50-1000 V, egyenfeszültség esetén 120-1500 V. A középfeszültségű FAM 1-35 kV-ig, a nagyfeszültségű FAM 35-800 kV-ig terjed.

2. Munkamódszerek

Távolból végzett munka esetén a dolgozó a feszültség alatt levő résztől távol (a veszélyes övezeten kívülről), munkaállásról, szigetelő rudak segítségével végzi el a munkáját. Középfeszültségű FAM esetén ez a legjellemzőbb.

Érintéssel végzett munka során a dolgozó közvetlen érintkezésbe kerül a feszültség alatt levő részekkel. Ehhez természetesen megfelelő védőfelszerelés (szigetelés) szükséges. Kisfeszültségű FAM esetén ez a jellemző.

Potenciálon végzett munka során a dolgozó teste a feszültség alatt levő rész potenciáljára kerül (mivel villamos kapcsolatban van ezzel a résszel), az eltérő potenciálú környezettől pedig el van szigetelve. Nagyfeszültségű FAM esetén a potenciálon végzett munka érintéssel végzett munka is egyben.

3. Középfeszültségű szabadvezetéken, állomásokon végzett FAM tevékenységek

A szigetelőrudak speciális kialakításának köszönhetően lehetséges csavarok oldása és szorítása, sodrony elvágása és beillesztése, szigetelőburkolat levétele és felrakása. A magasság miatt szigetelő létrát vagy szigetelőgémes kosaras kocsit használnak.

4. Személyi védőeszközök, céljaik

Szigetelő kesztyű és szigetelt talpú munkavédelmi bakancs, iv- és lángálló védőruházat, fejjvédő sisak, arcvédő pajzs, ultraibolya fényre azonnal elsötétülő szemüveg, hevederes biztonsági felszerelés (oszlopon).

Az összes szerszám és eszköz nyele szigetelt, mivel ezek többnyire fémből készülnek. A munkába nem vett, feszültség alatt álló részeket szigetelő lepellel takarják. Kiemelkedő jelentőségű a Dr. Csikós Béla által szabadalmaztatott szerelőszék.