

Elektromágnesesség logikai felépítése (nagyjából)

1. Elektrosztatika

A lehető legegyszerűbb, legspeciálisabb eset. Semmi nem függ az időtől, a töltések rögzítve vannak a helyükön, és egy időben állandó teret hoznak létre. A tér erősségét és irányát az erővonalakkal jellemezzük, amelyek a pozitív töltésekről indulnak és negatív töltéseken végződnek. Ez azt jelenti, hogy az elektromos tér forrásai a töltések. Esetleg még egy próbatöltés mozgását vizsgálhatjuk az időtől független térben, vagyis amennyiben ez a próbatöltés nem módosítja jelentősen a valamilyen rögzített töltéseloszlás által keltett konstans elektromos teret. Ideális szigetelőben a töltések helyhez vannak kötve, ideális vezetőn a töltések a külső felületen helyezkednek el. Elektrosztatikában már csak ezt a beállt egyensúlyi állapotot vizsgáljuk, a vezetőre vitt töltések helyezkedési folyamatát nem. Elektrosztatika első főtétele szerint a próbatöltésen az elektrosztatikus tér egy zárt görbe mentén nulla munkát végez (konzervatív erőter), ami megfelel annak, hogy a potenciálkülönbség egy zárt görbe mentén nulla, vagyis az elektrosztatikus tér örvénymentes.

2. Egyenáram

A tér továbbra is időben állandó, hasonlóan az összes többi mennyiséghez, de most már megengedjük, hogy stacionárius (időben állandó) ütemben töltések áramoljanak egy áramkörben körbe-körbe. Ehhez egy áramforrásra is szükség van, amely a töltéseket folyamatosan az alacsony potenciálú helyről a magas potenciálú helyre kényszeríti. Ez a kölcsönhatás egy idegen erőt igényel, amely az áramforrásban jelen van. Ennek az idegen erőnek a pozitív egységnyi töltésen végzett munkája a negatív és pozitív pólus között az áramforrás elektromotoros ereje, melynek mértékegysége ugyanúgy volt, mint a feszültségé.

3. Mágnesesség

Áramjárta vezető körül mágneses tér alakul ki, amely más áramjárta vezetőkre (Ampere-erő) vagy szabadon repülő töltésekre (Lorentz-erő) erőhatást fejt ki. Az anyagok mágneses tulajdonságáért az atomokban mozgó elektronok által keltett atomi méretű áramok a felelősök, ha ezek hatása összeadódik, akkor beszélhetünk egy mágnesezett testről (pl. mágnes rúd). A mágneses indukciót az indukcióvonalakkal illusztráljuk. Ezek a vonalak önmagukba záródnak, tehát a mágneses térnek nincsenek forrásai és örvényes. A mágnes rúd északi pólusából kiinduló indukcióvonal bár a déli póluson látszólag véget ér, ez nem igaz, az indukció vonal folytatódik a mágnes rúdon belül, zárt görbét képezve!

4. Mozgási indukció

A mágneses térben mozgó vezetőben a Lorentz-erő hatására elmozdulnak a töltések. Ez az egyenáramú áramforráshoz hasonlóan egy idegen erőként fogható fel a vezetőben, tehát hatására elektromotoros erő jön létre két különböző pont között a vezető anyagában, és indukált áram fog folyni ennek hatására. Ez az indukált áram olyan irányú mágneses teret kelt, amely az őt létrehozó hatást gyengíteni igyekszik (Lenz-szabály). Ide tartozik az is, amikor egy időben állandó mágneses térben egy vezetőkeretet meghatározott szögsebességgel forgatunk (váltóáramú generátor).

5. Váltóáram

A váltóáramú generátor által létrehozott szinuszos (vagy koszinuszos) elektromotoros erő szintén szinuszosan váltakozó áramot hoz létre. Itt érdemes bevezetni az áram és feszültség effektív értékét is a csúcserték mellett.

6. Nyugalmi indukció

Ha a vezetőkeret vagy tekercs nem mozog, de a mágneses tér időben változik (pl. ha egy másik tekercsre váltóáramot kapcsolunk), akkor a tekercsben elektromotoros erő, és ez által áram indukálódik. Itt az indukció nem magyarázható a Lorentz-erővel, hiszen a vezető és a benne lévő töltések nem mozognak. A magyarázat itt az, hogy a változó mágneses tér indukált elektromos teret kelt. Ez nem idegen erő, hanem igazi elektromos térerősség, de ennek az indukált elektromos térnek nincsenek forrásai, az erővonalak ugyanúgy önmagukba záródnak, mint a mágneses térnél. A vezetőkeret teljes kerülete mentén (zárt görbe) az egységnyi pozitív töltésen az indukált elektromos tér által végzett munka számértékileg megegyezik az indukált elektromotoros erővel (a tér itt már nem konzervatív!). A mozgási és nyugalmi indukciót összefoglalva a Faraday-Lenz törvény segítségével lehet tárgyalni, vagyis az indukált elektromotoros erő egyenlő a mágneses indukciófluxus (egy felületet átmetsző indukcióvonalak száma, tehát leegyszerűsítve $B \cdot A$) változási gyorsaságának ellentettjével. Felhasználás: pl. transzformátor.

7. Eltolási áram

Ugyanúgy, ahogyan a változó mágneses tér örvényes elektromos teret indukál, a változó elektromos tér is indukál örvényes mágneses teret. Ezzel bezárul a kör, a kétféle tér időbeli változásuk során egymást létre tudják hozni. Eljutottunk a legspeciálisabb, legegyszerűbb esettől a legáltalánosabb, legbonyolultabb esetig.

8. Elektromágneses hullámok

Ha egy antennára váltóáramot kapcsolunk, akkor körülötte váltakozó mágneses tér alakul ki, amely természetesen váltakozó elektromos teret is létrehoz. Amennyiben a frekvencia elegendően nagy (pl. rádióhullámok esetében megahertz nagyságrend), akkor ez az ide-oda váltakozó elektromágneses tér el tud szakadni az eredeti áramkör környezetéből, és akár levegőben vagy vákuumban is jelentős mértékben tova tud terjedni hullám formájában.

Az elektromágneses jelenségeket a négy Maxwell-egyenlet írja le:

1. Ampere-Maxwell-féle gerjesztési törvény: a mágneses teret az áramok és változó elektromos tér hozzák létre.
2. Faraday-Lenz törvény (lásd korábban)
3. Elektromos Gauss-törvény: az elektromos tér forrásai a szabad töltések
4. Mágneses Gauss-törvény: a mágneses térnek nincsenek forrásai

Ezek mellett szükség van még a közeg elektromos és mágneses tulajdonságait leíró anyagegyenletekre, valamint az Ohm-törvény lokális alakjára, amely az adott anyag fajlagos ellenállását vagy vezetőképességét (ellenállás reciprokja) tartalmazza, és azt mondja meg, hogy az anyag adott pontjában az elektromos és idegen erők mennyire tudják mozgatni a töltéseket.