

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 vezetőkben 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 indukcióvonal 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 reciprokjá) tartalmazza.