BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM (BME)
Természettudományi Kar
Nukleáris Technikai Intézet

A REAKTORTECHNIKA SZAKIRÁNYÚ KÉPZÉS KERETÉBEN OKTATOTT TANTÁRGYAK TEMATIKUS ISMERTETÉSE

BUDAPEST, 2019. MÁJUS

TANTÁRGYI TEMATIKA

A tárgy neve: ALKALMAZOTT MATEMATIKA 1
kontaktóra: 36 óra előadás
kredit: 8,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Szatmáry Zoltán prof. emeritus

A tantárgy leírása:
A komplex függvénytan alapjai. A legfontosabb tételek.
Közönséges lineáris differenciálegyenletek. Megoldási módszereik (Laplace-transzformáció, változók szétválasztása stb.)
Lineáris másodrendű differenciálegyenletek. Kezdeti és peremérték feladatok megoldása a Fourier-módszerrel. Hullámegyenlet, diffúzióegyenlet, hővezetés egyenlete.
A vektoranalízis függvényei és deriváltjainak értelmezése. Gradiens, divergencia és rotáció. Integráltételek.
Lineáris vektor-vektor függvény: tenzor és mátrixa. Mátrixok algebrája. Mátrixok sajátértékei és sajátvektorai. Főtengely-transzformáció. Ortogonális bázistranszformáció. Mátrixok invertálása, ennek numerikus problémái. Hipermátrixok. Mátrixok függvényei.
Lineáris operátorok sajátértékei. Skalárszorzat. Adjungált operátor. Integrálegyenletek.
A valószínűségelmélet alapfogalmai, legegyszerűbb tételei. Klasszikus valószínűségi feladatok kombinatorikai megoldása. Geometriai valószínűségek. Feltételes valószínűségek. Események függetlensége.
Valószínűségi változó. Eloszlás- és sűrűségfüggvény. Diszkrét valószínűségi változók. Várhatóérték, szórás, kovariancia, korrelációs együttható. Lineáris regresszió. Schwarz-féle egyenlőtlenség.
Nevezetes eloszlások: Bernoulli-eloszlás, Poisson-eloszlás, egyenletes eloszlás, Gauss-eloszlás, exponenciális eloszlás. Ezek szórása és várható értéke. Többváltozós Gauss-eloszlás.
Csebisev-egyenlőtlenség. Nagy számok törvénye. Központi határeloszlás-tétel. Sztochasztikus konvergencia.
A matematikai statisztika alapjai. Paraméterek becslése. Cramér-Rao egyenlőtlenség. Pontbecslések tulajdonságai (torzítatlanság, hatékonyság, konzisztencia). Maximális valószínűségek módszere. Legkisebb négyzetek módszere. A becsült paraméterek szórásának a becslése.
Hipotézisek vizsgálata. Első és másodfajú hiba. Konfidencia intervallumok.
Intervallumbecslés

A tárgy neve: ALKALMAZOTT MATEMATIKA 2
kontaktóra: 12 óra előadás, 12 óra tantermi gyakorlat
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Szatmáry Zoltán prof. emeritus

A tantárgy leírása:
A numerikus analízis módszerei:
Függvények közelítése interpolációval (Lagrange, Newton, Hermite, spline-függvények).
Numerikus deriválás és integrálás. Függvényközelítés a legkisebb négyzetek módszerével.

Egyenletek és egyenlet-rendszerek numerikus megoldása. Mátrixinverzió numerikus problémái. Lineáris egyenletrendszerek megoldása iterációval. Négyzetes mátrixok sajátértékeinek a meghatározása.
Differenciálegyenletek közelítő megoldása: szukcesszív approximáció, függvénysorok részletösszegei, Runge-Kutta módszer, véges differenciák, véges elemek.

Számítógépes gyakorlatok:
Programozási gyakorlatok egyszerű numerikus problémák megoldása révén.
Szimbolikus nyelvek használata (MATLAB).
Gyakorlatok mérési adatok kiértékelésére. Ismert adatkezelő programok használata.

A tárgy neve: REAKTORFIZIKA 1
kontaktóra: 36 óra előadás, 12 óra tantermi gyakorlat
kredit: 10,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Sükösd Csaba címzetes egyetemi tanár

A tantárgy leírása:
Magfizikai alapok. A stabil atommagok tulajdonságai: felépítés, méret, kötési energia, spin, mágneses momentum, statisztika, paritás. Magmodellek: héjmodell, cseppmodell, kollektív magmodell.
A radioaktív bomlás általános törvényei. Alfa-bomlás, béta-bomlás, bomlási sorok, gamma-sugárzás.
Magreakciók. A hatáskeresztmetszet fogalma. Megmaradási törvények. A magreakciók általános tulajdonságai, 1/v törvény. Magreakció mechanizmusok, közbenső mag, rezonanciák, direkt magreakciók.
Magsugárzások kölcsönhatása az anyaggal. Nehéz töltött részecskék, béta-részecskék, és gamma-sugárzás kölcsönhatásai.
Neutronfizika. A neutronok általános tulajdonságai, neutronforrások, neutronok kölcsönhatása az anyaggal.
Maghasadás. A hasadás energetikai feltétele. Hasadási termékek, hasadási neutronok.
Magfúzió. Fúziós reakciótípusok. A fúziós energiatermelés megvalósításának lehetséges útjai.

Reaktorfizikai alapok. Magfüggvények. Fluxus fogalma. Neutronlassulás rugalmas ütközések révén. Neutronspektrum. Csoportállandók. Moderáltság. Doppler-effektus. Sokszorozási tényező, reaktivitás, pontkinetikai egyenletrendszer. Reaktivitásmérés. Kritikussági kísérlet.

A tárgy neve: REAKTORFIZIKA 2.
kontaktóra: 24 óra előadás, 12 óra tantermi gyakorlat
kredit: 8,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Kis Dániel Péter egyetemi docens

A tantárgy leírása:
A transzportegyenlet differenciális és integrális alakja. k_{eff} mint sajátérték. Dinamikus

sajátérték.
A transzportegyenlet közelítései: P_L közelítés, S_N közelítés és az ütközési valószínűségek lényege.
A diffúzióegyenlet (folytonos energiaváltozóval, többcsoport alakban).
Az egycsoport diffúzióegyenlet megoldásai egyes esetekben. Hasáb és henger alakú reaktorok neutronfluxus-eloszlása. A reaktorfizika alaptétele, Helmholtz-egyenlet.
A pontkinetikai egyenlet levezetése. A kritikusság feltétele. Reaktivitástényezők. A reaktor megszaladása. Kiégés és mérőszámai. Nehéz elemek felhalmozódása.
Hasadási termékek felhalmozódása. Xe és Sm hatása a reaktorok üzemére. Abszorbensek, a reaktor szabályozása.
A reaktivitás mérési módszerei (1/N-módszer, kétszerezési idő módszere, pulzált neutronforrás alkalmazása, inverz kinetika)..
Reaktorfizikai mérések atomerőművekben.
A mérési adatok kiértékelésének módszerei. Korrekciók alkalmazása.

A tárgy neve: REAKTORTECHNIKA 1.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Trampus Péter egyetemi tanár

A tantárgy leírása:
Reaktoranyagok és dozimetriájuk
Sugárzás és anyag kölcsönhatása, a kölcsönhatásból eredő fizikai és kémiai tulajdonság-változások fémekben, vegyületekben, amorf anyagokban, félvezetőkben. A kölcsönhatásokból eredő besugárzási dózisok számítása, mérése. Sugárkárosodási jellemzők meghatározása.
Reaktorokban alkalmazott anyagok. Üzemanyagok (urániumvegyületek, plutóniumvegyületek) tulajdonságai; üzemanyag gyártás és újrafeldolgozás. Energetikai és kutatóreaktorokban alkalmazott burkolatanyagok (cirkónium és acél) tulajdonságai; gyártási, ellenőrzési kérdések. A burkolatanyagok hűtőközeggel kapcsolatos problémái. Hűtőközegek (víz, gázalakú hűtőközegek) nukleáris alkalmazás szempontjából legfontosabb jellemzői; korróziós problémák. A primer vízkör kialakításának elvi alapjai; szabályozóanyagok (bór és vegyületei, egyéb szabályozóanyagok, szilárd és folyékony halmazállapotú szabályzóanyagok) alkalmazásának feltételei; kiégő mérgek. Szerkezeti anyagok (szénacélok és rozsdamentes acélok).
Az időszakos roncsolásmentes vizsgálatok és fejlődési irányaik.
A reaktorszerkezeti anyagok (reaktortartály, hegesztési varratok, stb.) sugárkárosodása. A reaktortartály felügyelete és élettartam-gazdálkodása. A reaktortartály üzem közbeni állapotellenőrzése. Az elridegedett reaktortartály hőkezelési lehetőségei. A reaktortartály élettartama.

A tárgy neve: REAKTORTECHNIKA 2.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Trampus Péter egyetemi tanár

A tantárgy leírása:
A kutatóreaktorok felépítésének rövid ismertetése
A kutatóreaktorok alapberendezései. A kutatóreaktorok csoportosítása. Kísérleti berendezések és azok illesztése a reaktorhoz. A kutatóreaktorok fő jellemzői (a többletneutronok fajlagos száma, a fajlagos neutronfluxus a reaktor különböző térrészeiben, a hőteljesítmény, sugárzási szintek stb.). A reaktor üzemanyag élettartama. A reaktorjellemzők megválasztásának szempontjai, különös tekintettel a lehetőségekre és a felhasználási programokra.
A minőségbiztosítás elvi alapjai.

Élettartam-gazdálkodás az üzemidő-hosszabbítás érdekében
Az alkalmazott szerkezeti anyagok kiinduló mechanikai tulajdonságai, a mechanikai tulajdonságok változása az üzemi igénybevétel hatására (fáradás és korrózió miatti élettartam kimerülés). A károsodási folyamatok előrejelzése és monitorozása.

Az atomerőmű nyomástartó berendezéseinek integritását veszélyeztető terhelési állapotok (PTS, átmeneti üzemállapotok). A szerkezeti integritás vizsgálata (törésmechanikai közelítések). A szerkezeti megbízhatóság vizsgálata (kvantitatív kockázat elemzés, valószínűségi törésmechanikai elemzések).
Az atomreaktor élettartama, az élettartamnyújtás lehetőségei, biztonsági és gazdasági értékelése.

A tárgy neve: SUGÁRVÉDELEM ÉS DOZIMETRIA
kontaktóra: 12 óra előadás
kredit: 2,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Pesznyák Csilla egy. docens

A tantárgy leírása:
A nukleáris sugárzások és az anyagi közegek közti kölcsönhatások. Dozimetriai és sugárvédelmi alapfogalmak. Egyszerű dózisszámítási modellek. Az ionizáló sugárzások biológiai hatásai. A kockázat értelmezése, kapcsolata a sugárvédelem alapelveivel. A sugárvédelem nemzetközi és hazai szabályozási rendszere, hatósági normái. Az emisszió és az immisszió korlátozása. A műszaki (munkahelyi) sugárvédelem elemei. Radioaktív hulladékok keletkezése, osztályozása, kezelése, átmeneti és végleges elhelyezésük. Nukleáris létesítmények leszerelése.

A tárgy neve: KÖRNYEZETVÉDELEM
kontaktóra: 12 óra előadás
kredit: 2,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Gács Iván egy. docens

A tantárgy leírása:
A környezetvédelem célja és eszközei. Az energiatermelés, az ipar és a környezet kölcsönhatásai. A légkör összetétele és szerkezete. Légszennyező anyagok. Terjedésszámítás, emisszió, immisszió. A paksi atomerőmű üzemidő-hosszabbításának környezeti hatástanulmánya.

A tárgy neve: NUKLEÁRIS MÉRÉSTECHNIKA 1.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Szalóki Imre egy. docens

A tantárgy leírása:
Bevezetés: a tárgy jelentősége, felhasználhatósága, alkalmazhatóságok;
Néhány - a tárgyhoz szükséges - alapfogalom átismétlése: radioaktivitás, magreakciók, bomlássémák;
Magsugárzások főbb jellemzői;
Radioaktív sugárzások kölcsönhatása az anyaggal a detektálás szempontjai szerint;
Általános detektor jellemzők (érzékenység, response, energiafelbontás, hatásfok, holtidő);
Detektor típusok (gáz, szcintillációs, félvezető, egyebek pl. TLD, film, szilárdtest, spd. stb.);
Jelfeldolgozó és kiértékelő elektronikus egységek; (erősítők, diszkriminátorok, analizátorok, koincidencia körök, stb.)

A tárgy neve: NUKLEÁRIS MÉRÉSTECHNIKA 2.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Szalóki Imre egy. docens

A tantárgy leírása:
Alfa-sugárzás mérése (spektroszkópia, alfa-forrás készítési módszerek); béta-sugárzás mérése (spektroszkópia, folyadékszcintillációs méréstechnika); gamma-sugárzás mérése (egy- és sokcsatornás spektroszkópia), neutron-sugárzás mérése (spektroszkópia);
Röntgen-fluoreszcencia;
Speciális méréstechnikák: magas- és alacsony-intenzitások méréstechnikája, aktivitás mérés abszolút módszerekkel, koincidencia méréstechnika. Zajdiagnosztika alkalmazása atomerőművekben.
Mérési eredmények bizonytalanságának számítása.

A tárgy neve: TERMOHIDRAULIKA 1.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Tóth Sándor egy. adjunktus

A tantárgy leírása:
Atomerőmű típusok és felépítésük fő jellemzői. A hőelvonás technológiai megvalósítása különböző reaktortípusokban.
A hőtermelés folyamata és térbeli eloszlása a könnyűvizes atomreaktorokban. A hőtermelés és a neutronfluxus-eloszlás kapcsolata. A hőtermelés egyenlőtlenségi tényezői.
A hőtermelés időbeli változása tranziens folyamatokban, remanens hőfejlődés.
A hővezetés általános differenciálegyenlete és megoldása az üzemanyag - burkolat rendszerben.
Egyfázisú hidraulika: az impulzus-megmaradás egyenlete egydimenziós áramlásban; a súrlódási veszteség számítása; hirtelen átmenetek hidraulikai ellenállása; a sebességeloszlás és a transzportfolyamatok modellezése a reaktorban; keveredés, kritikus áramlás.
Kétfázisú hidraulika: áramlási formák, térfogati gőztartalom; kétfázisú áramlások modellezése; nyomásesés kétfázisú áramlásban; keveredés, kritikus kiömlés.
Egyfázisú hőcsere számítása természetes és kényszerített áramlásban.
Kétfázisú hőcsere számítása. Forrásgörbe, forráskrízisek, kritikus hőfluxus.

A tárgy neve: TERMOHIDRAULIKA 2.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Tóth Sándor egy. adjunktus

A tantárgy leírása:
A nyomottvizes reaktor termohidraulikai számítása: megmaradási egyenletek; fűtőelem hőmérséklet-eloszlása; a hűtőközeg jellemzőinek számítása; tervezési limitek, forrócsatorna tényezők. Az aktív zóna újranedvesítésének hőfizikai problémái
Termohidraulikai számításokban alkalmazott számítógépi programok áttekintése.
Szubcsatorna analízist végző programok és alkalmazásuk.
Rendszerkódok és azok validációja.
Atomerőművi üzemzavarok és balesetek. Az üzemzavarok és balesetek kategorizálása különböző szempontok szerint. Az emberi tényező szerepe a biztonságos üzemelésben.
Jellegzetes üzemzavari folyamatok és elemzésük: áramlás elvesztése által kiváltott tranziensek; reaktivitás tranziensek; hűtőközegvesztéses tranziensek; gőzfejlesztő csőlyukadás; főgőzkollektor törés; bórsav hígulásos tranziensek; méretezési balesetek.
Modern számítási apparátus alkalmazása a nyomottvizes atomerőművek tranziens folyamatainak analízisére. Az APROS termohidraulikai rendszerkód megismerése és alkalmazása üzemzavarok elemzésére.
A primer kör sérülésekor a hermetikus térben lejátszódó folyamatok áttekintése.
A primer, valamint a primer és szekunder kör együttes dinamikai viselkedésének analízise.
Betekintés a háromdimenziós termohidraulikai programok alkalmazási lehetőségeibe.
Zónaolvadáshoz vezető, tervezési alapon túli súlyos balesetek legfontosabb folyamatai és számításuk.

A tárgy neve: ATOMERŐMŰVEK 1.
kontaktóra: 28 óra előadás
kredit: 6,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Boros Ildikó mestertanár

A tantárgy leírása:
Villamosenergia-termelés költségei. Termodinamikai bevezetés. Vízhűtésű atomerőművek szekunder rendszere. Telített gőzös erőművi körfolyamat (gőzszárítás, újrahevítés, tápvízelőmelegítés), a telített gőzös turbinák felépítése, speciális kérdései (erózió, a telített gőz expanziójának sajátosságai, belső vízleválasztás, kialakítás). Kondenzátor és hűtőrendszer. Telített gőz turbinák dinamikai folyamatai, az üzemvitel során fellépő hőfeszültségek (indítás, leállítás és a terhelésváltoztatás).
A beton technológiája és ellenőrzése. Dekontaminálható burkolatok. Atomerőművek épületeinek
funkcionális kialakítása, építészete, épületek öregedése.
Atomerőművek belső elrendezése, vízhűtésű atomerőművek berendezéseinek elhelyezése (diszpozíció). A biológiai védelmi falak rendszere, a dolgozók sugárvédelme.
Az ellenőrzött zóna kialakítása. Primer köri cső-, kábel- és hajtásátvezetések. Konténment és hermetikus üzemzavar lokalizációs rendszer felépítése. Atomerőművek szellőző rendszere, beépített levegőszűrők. Földrengésvédelem, külső környezeti hatásokkal szembeni védelem.
Vízhűtésű atomerőművek primer köri rendszere és berendezései. A hűtőkör és fő berendezései. Primer köri főkeringtető szivattyú üzemviteli jellemzői. Primer köri vízüzem. Primer köri víztisztító rendszerek. Bórsavas rendszer. Pótvízrendszer. Felmelegítő és lehűtő rendszer. Biztonsági és üzemzavari hűtőrendszerek.

A tárgy neve: ATOMERŐMŰVEK 2.
kontaktóra: 36 óra előadás
kredit: 8,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Boros Ildikó mestertanár

A tantárgy leírása:
Atomerőművek villamos rendszere. Atomerőművi villamos berendezések, kábelek és öregedésük. A házi üzemi fogyasztók által támasztott követelmények és azok kielégítésének eszközei. Az atomerőmű segédenergia-forrásai.
Az atomerőmű üzembehelyezése. Fizikai indítás, energetikai indítás, áttérés tartós üzemre.
Az üzemanyag manipuláció és tárolás rendszere. Fűtőelem átrakás, kiégett fűtőelemek hermetikussági és kiégési ellenőrzése, illetve vizsgálata.
Atomerőművek állapotellenőrzése. Az állapotellenőrzés szempontjából fontos helyek és berendezések. Az állapotellenőrzés feladata, módszerei és eszközei. Az állapotellenőrzés szervezése.
A karbantartás szerepe az öregedés-kezelésben és élettartam-gazdálkodásban.
Atomerőművi karbantartás speciális feltételei és szempontjai, a karbantartás végrehajtása.
Sugárvédelem és környezetellenőrzés szervezése az atomerőműben.

A primerkör sugárzási viszonyai és annak üzemviteli konzekvenciái. Folyékony és szilárd halmazállapotú radioaktív hulladékok kezelése. Légnemű kibocsátások.
Vízhűtésű atomerőművek gőzfejlesztőjének felépítése. A gőzfejlesztőben lejátszódó hőtechnikai folyamatok elemzése, cseppleválasztás, lerakódások.
Vízüzem (konstrukció, szerkezeti anyag és vízkémia „harmóniája"). A víz és szennyező anyagai. A fémek elektronkémiai és áramlás által támogatott korróziója, a korróziótermékek transzportja.
A szekunderkör vízüzeme. A berendezések meghibásodására vezető "lassú" vízüzemi folyamatok, ezek elkerülése és korai felismerése. Atomerőművi vízkémia (bórsavas vízüzem, speciális vízüzemek).
Atomerőművi radiokémia: Radiokémia normál üzemi körülmények között: radioizotópok a zónában és a hűtővízben; fűtőelem tömörség vizsgálatok; korróziós termékek és kontamináció.
Radiokémia baleseti körülmények között (tervezési baleset, súlyos baleset); radioizotópok viselkedése és kémiája súlyos balesetek során.
Atomreaktorok leszerelése.
Harmadik és negyedik generációs reaktorok. Új atomerőmű építési projektek.

A tárgy neve: ATOMREAKTOROK ÜZEMTANA
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Czifrus Szabolcs egy. docens

A tantárgy leírása:
A reaktivitástényezők definíciója és egymással való kapcsolatuk. A reaktivitástényezők és az atomreaktor belső (inherens) biztonságának összefüggése. Az atomreaktor önszabályozó képessége. A reaktivitástényezők mérési lehetőségei.
A xenonmérgezettség üzemviteli vonatkozásai, különös tekintettel a tranziens üzemviszonyokra. A teljesítményreaktorok xenonlengése: lengésformák, csillapított és csillapítatlan lengések és azok elfojtási lehetőségei. A szamáriummérgezettség üzemviteli vonatkozásai.
A hőtechnikai ill. üzemi korlátok. Az üzemi tartalék meghatározása. A teljesítmény aktív zónán belüli eloszlása, az eloszlást befolyásoló tényezők. A szimmetria fontossága, az aszimmetria lehetséges műszaki és üzemeltetési okai. Áramláseloszlás a reaktoron belül. A termohidraulika üzemi vonatkozásai. Az üzem közbeni monitorozás rendszere, reaktoron belüli és kívüli neutrondetektorok és azok átviteli függvényei.
A névleges és rejtett reaktivitástartalék és a reaktor egyéb jellemzőinek alakulása a kiégési ciklus alatt. A ciklusnyújtás lehetőségei és műszaki, gazdasági értékelése. A reaktorszabályozás megoldásai és üzemi vonatkozásai.
A fűtőelemek üzem közbeni viselkedése, az üzem közbeni meghibásodásának lehetőségei. A fűtőelemek állapotellenőrzése üzem közben.
A reaktor manőverező képessége, valamint annak reaktorfizikai és technológiai korlátai.
A reaktorok indítása és teljesítményváltoztatása. Állandósult és menetrendtartó üzem. A reaktor leállítása. Mérgezetlen és mérgezett reaktor újraindítása.
A fűtőelemgazdálkodás. Zónatervezés. A fűtőelemátrakás elméleti kérdései és műszaki megvalósítása

---

A tárgy neve: IRÁNYÍTÁSTECHNIKA 1.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Szentannai Pál egy. docens

A tantárgy leírása:
Szabályozástechnikai alapismeretek
Az irányítástechnika feladata és felosztása. Szabályozás, vezérlés. A szabályozási kör felépítése és működése. Szabályozástechnikai alapfogalmak (jel, tag, hatásvázlat, szabályozók, szabályozószervek, stb.).
Időtartománybeli leírás. Tipikus vizsgáló jelfüggvények és válaszfüggvények. Lineáris, koncentrált paraméterű tagok leírása differenciálegyenletekkel. Tagok csoportosítása dinamikus tulajdonságaik szerint. (P, I, D, PI, PD, PID-tagok.)
Transzformált tartománybeli leírás. Fourier és Laplace transzformáció. Frekvencia és átviteli függvény. A frekvenciafüggvény helygörbéje, Bode-diagramok.
Szabályozott szakaszok dinamikai vizsgálata és identifikációja. Zárt szabályozási körök stabilitásvizsgálata és optimális behangolása.
Többváltozós szabályozási rendszerek leírása: állapottér modell, átviteli mátrix, átviteli rendszermodell és kapcsolatai.

A tárgy neve: IRÁNYíTÁSTECHNIKA 2.
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Szentannai Pál egy. docens

A tantárgy leírása:
Atomerőművek irányítástechnikája
Az erőművi automatizálás feladatköre és felosztása. Az atomerőművi irányítástechnika speciális sajátosságai, a biztonság növelésének eszközei.
Erőművi blokkok teljesítményszabályozása. A blokk főberendezései együttműködésének feltételei, az ezzel kapcsolatos szabályozási feladatok. A blokk-szintű teljesítményszabályozás lehetőségei, különös tekintettel az atomerőművekre.
Reaktorszabályozás. Az atomreaktorok teljesítmény szabályozásának elvi lehetőségei. A különböző szabályozási módok értékelése a szakasztulajdonságok és a blokk rugalmassága szempontjából. Reaktorok dinamikai tulajdonságai, az eredő átviteli tulajdonságot meghatározó folyamatok és azok matematikai leírása. A reaktor önszabályozásának, illetve stabilitásának vizsgálata. A reaktorszabályozás eszközei, szabályozórudak, bóros szabályozás.
Atomerőművek járulékos szabályozási feladatai: primer-köri nyomásszabályozás, a térfogatkompenzátor vízszintszabályozása, a gőzfejlesztők vízszintszabályozása. A reaktorvédelem feladata, felépítése és működése.
A Paksi Atomerőműben alkalmazott megoldások ismertetése

Turbinaszabályozás
A turbinaszabályozás feladatköre. Szabályozott jellemzők és beavatkozási lehetőségek. A fordulatszám-szabályozás alapkapcsolása. Teljesítmény, frekvencia-teljesítmény és csereteljesítmény-szabályozás.
A turbinaszabályozás alapismeretei. A gőznyelés módosításának lehetőségei, mennyiségi, fojtásos és vegyes rendszerű szabályozási módok. A fordulatszám-szabályozás alapfogalmai. A gőzturbina dinamikai viselkedése normálüzemben, induláskor és teherledobáskor. A tároló terek szerepe a különböző üzemmódoknál.
Szigetüzemű és együttműködő gépcsoportok, a rendszer jelleggörbéje és frekvenciatényezője.
A turbinák szabályozásával szemben támasztott követelmények, a szabályozás javításának lehetőségei.
A Paksi Atomerőmű gőzturbináinak szabályozási rendszere. Az eredeti hidraulikus ill. az új elektronikus szabályozási rendszer ismertetése.

A tárgy neve: VILLAMOS BERENDEZÉSEK, HÁLÓZATOK
kontaktóra: 12 óra előadás
kredit: 2,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgy felelős neve, beosztása: Dr. Tamus Zoltán Ádám egy. docens

A tantárgy leírása:
Villamos generátorok felépítése, működése, karbantartása. Villamos hajtások felépítése, működése, karbantartása, öregedéskezelése.
Villamos hálózatok felépítése, működése. Hazai és nemzetközi villamosenergia-rendszer felépítése. Villamosenergia-rendszer üzemtana. A villamosenergia-termelés rendszerszintű jellemzői.

A tárgy neve: ENERGETIKA
kontaktóra: 24 óra előadás
kredit: 5,
számonkérés módja: vizsga
A tantárgyfelelős neve, beosztása: Dr. Bihari Péter egy. docens

A tantárgy leírása:
Fenntartható fejlődés, az energetika korlátai, primer energiahordozók (szén, kőolaj, földgáz), megújuló energiaforrások, szekunder energiahordozók (villamos energia, hő, hidrogén), igények és kielégítésük. Különböző energiatermelési eljárások, vezetékes energiaellátó rendszerek (földgáz, villamos energia, távhő). Az energetika gazdasági kérdései (primer és szekunder energiahordozók költségei és határköltségei, piaci és támogatott ára. Magyarország energiaellátása, liberalizált földgáz- és villamosenergia-piac). Villamosenergia-rendszer irányítása az EU-ban. Az atomerőművek helye az erőműrendszerben.

A tárgy neve: LABORATÓRIUMI GYAKORLATOK 1.-2.-3.-4.-5.
kontaktóra: 12, 24,48, 20, 24 óra laboratórium
kredit: 2,6,10,5,5
számonkérés módja: félévközi jegy
A tantárgyfelelős neve, beosztása: Dr. Szalóki Imre egy. docens

A tantárgy leírása:
A hallgatók a 2., 3., és 4. félév során a Reaktorfizika ágazaton összesen 84 óra (Lab. gyak 1,2,3.), a Reaktortechnika ágazaton összesen 56 óra (Lab. gyak 1, 4, 5) laboratóriumi gyakorlatot végeznek. A laboratóriumi gyakorlatok részben mérések, részben szimulátor-gyakorlatok formájában zajlanak, és az alábbi tématerületekhez csatlakoznak:

- Reaktorfizika
- Reaktortechnika
- Sugárvédelem
- Nukleáris méréstechnika
- Neutronaktivációs analitika
- Szabályozástechnika
- Termohidraulika
- Anyagvizsgálatok

A gyakorlatok egy része a BME NTI-ben, más része az egyetem más tanszékein, ill. az MTA EK-ban kerül lebonyolításra.