XII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2007. március 16–17.

VILLAMOSENERGIA-RENDSZER STABILITÁS- VIZSGÁLATA KÖZVETLEN MÓDSZEREKKEL

Vokony István, Székely Ádám, Barbarics Tamás dr.

Abstract

The main categories of stability assessment of large power systems are static, small signal and transient stability. For the first two categories, load-flow algorithms and methods well known from linear network theory provide sufficiently accurate results, with an amount of calculation easy to handle. However, in the case of transient stability assessment (i.e. examining the effect of a major change – such as line fault – in system state), the requirements of accuracy and perspicuous results can often not be fulfilled simultaneously. Simulating a single process in the time-domain usually requires a considerable amount of calculation, while the type and location of fault having the largest effect on stability can only be determined after numerous simulations. From the above, it is clear that transient stability of a certain system state is an important property that is difficult to quantify. Realizing this problem, several so-called stability indices have been introduced, that try to quantify transient stability without time-consuming numerical simulations, applying different physical principles. In our paper, we briefly summarize the concept, calculation and application possibilities of a selected index, based on international publications.

Összefoglalás

Az igen nagy kiterjedésű és összetettségű villamosenergia-rendszerek stabilitásvizsgálata a statikus, a kisjelű és a tranziens stabilitás vizsgálatát jelenti. Az előbbieket vizsgálataira a load-flow algoritmusok illetve a lineáris hálózatok elméletéből ismert módszerek kielégítő pontosságú eredményt szolgáltatnak, számításigényük kezelhető. A tranziens stabilitás vizsgálata, azaz valamely jelentős üzemállapot-változás (üzemzavar) hatásának feltérképezése esetén azonban ez a két igény (megfelelő pontosság és áttekinthető eredményhalmaz) gyakran nem elégíthető ki egyidejűleg. Tetszőleges üzemállapotban lezajló folyamatok részletes időbeli szimulációjának számításigénye általában igen jelentős, és sokszor nehezen, csak a szimulációk sokszoros futtatása után dönthető el, hogy egy üzemállapot tranziens stabilitására a hálózat mely pontján fellépő, milyen jellegű zavar lehet a legnagyobb hatással. A fentiekből láthatóan egy üzemállapot tranziens stabilitása több okból is nehezen számszerűsíthető jellemzőnek bizonyul. A nemzetközi szakirodalomban – a fenti problémákat felismerve – több, különböző fizikai alapon nyugvó, úgynevezett tranziens stabilitási index került bevezetésre, melyek közös jellemzője, hogy egy adott üzemállapot stabilitásának mértékét egyetlen mérőszámmal jellemzik, amely mérőszám meghatározásához nincs szükség időbeli szimulációs számításokra, ezáltal a számításigény jelentősen csökken. Tanulmányunkban a külföldi szakirodalom alapján áttekintjük egy kiválasztott stabilitási index fizikai hátterét, számítási módját és alkalmazásának lehetőségeit.

1. Bevezetés

A magyarországi gyakorlatban stabilitásvizsgálatot a hálózattervezés folyamán a tervezők végeznek, vagy esetenként az üzem előkészítés fázisában a rendszerirányító. Az UCTE Üzemviteli Kézikönyv hatályos eljárásrendje előírja, hogy a rendszerirányítónak rendelkeznie kell olyan stabilitásvizsgáló eljárással, amely a hálózat tervezéséhez és a villamosenergia-rendszer jelentős változásait megelőzően alkalmas az UCTE Üzemviteli Kézikönyv által megadott stabilitási kritériumok és követelmények

teljesülésének ellenőrzésére. Jelenleg nincs egységesen elfogadott, alkalmazható, megfelelően paraméterezett, dinamikus vizsgálatok végzéséhez szükséges rendszermodell és az ahhoz tartozó elemző eljárás.

Az UCTE Üzemviteli Kézikönyv egyértelműen a nagy változások következtében fellépő elektromechanikai lengésekkel járó folyamatok vizsgálatát tekinti a stabilitásvizsgálat céljának. A nemzetközi szakirodalom a nagy energiarendszerek üzemeltetésével kapcsolatos stabilitásvizsgálatot a dinamikus biztonság elemzéseként, becsléseként tárgyalja. Felmerülhet az igény olyan állandósultnak tekinthető üzemállapotokra vonatkozó, stabilitással összefüggő elemzésekre, amelyek arra keresnek választ, hogy a rendszerirányítói gyakorlatban használt kontingencia-analízisen, terhelhetőségi és feszültség-határérték figyelésen túl szükséges-e az adott üzemállapot statikus stabilitására jellemző mutatók meghatározása, használata.

A kutatás célja, hogy a nemzetközi szakirodalomban megtalálható stabilitási indexek fizikai hátterét is áttekintve, elemezzük az egyes indexek számítása alapján levonható következtetések megbízhatóságát, az alkalmazás lehetséges területeit és korlátait.

2. Tranziens stabilitási index

A hivatkozott tanulmány [1] szerzői egy új megközelítést találtak ki az on-line tranziens stabilitás vizsgálatának, ami megbízhatóan, a meghatározott nagyon pontos karakterisztikákkal képes egy valós képet mutatni egy rendszer „robosztusságáról” működés közben. Az alapötlet a következő: szimulációk során a kritikus zárlatfennmaradási idő-t, és a generátor szöggyorsulását összehasonlítva, egy jellegzetes karakterisztikát kapunk, ami kellő számú mérést elvégezve használható eredményekre vezet. Ezután pusztán az index – gyorsan elvégezhető számítások alapján meghatározott – értékéből vonhatunk le következtetéseket a vizsgált üzemállapot stabilitására, illetve esetleg egy tervezett kapcsolás hatására vonatkozóan.

Ezt a folyamatot analitikusan három lépésben lehet összefoglalni:

- adott üzemállapot mellett 3F zárlatot feltételezünk az i -edik gép kapcsain t_0 -ban, és kiszámítjuk az adott gép szöggyorsulásának és a rendszer átlagos szöggyorsulásának különbségét;
- hasonlóan járunk el a rendszer valamennyi vizsgált gépegységére;
- a kapott értékek közül a legnagyobbat definiáljuk tranziens stabilitási indexként (TSI).

A számítás módját itt nem részletezzük, az a hivatkozott tanulmányban [1] megtalálható. Tanulmányunk további részében kitérünk egy mintahálózat különböző üzemállapotaiban kapott TSI index értékek és időbeli szimuláció eredményeinek összevetéséből levonható következtetésekre.

3. Modell-számítások

A számításaink elvégzésére létre kellett hozni egy modellhálózatot, azaz különböző feszültségű gyűjtősínnek, transzformátorok, fogyasztók, generátoros betáplálások, vezetékek számítására alkalmas, életszerű paraméterekkel rendelkező minta-hálózatot. Ezek után load-flow számítás eredményeinek felhasználásával meghatároztuk egy egyszerűsített modell paramétereit, amely a vizsgált gép felől „látott” hálózatot egyetlen ideális forrással és egy impedanciával helyettesíti. A számítás menete megtalálható hivatkozott, bővebb tanulmányunkban [2].

A modell paramétereinek, valamint a load-flow számítások eredményeinek ismeretében meghatároztuk a gyűjtősín-zárlat esetén a vizsgált gépegység által betáplált zárlati áramot, majd mechanikai paraméterek ismeretében a fellépő szöggyorsulásokat, amelyek a TSI számításának alapját képezik. A számításokat Excel környezetben valósítottuk meg, amely kevésbé praktikus nagyobb hálózatok paramétereinek bevitele esetén. További munkánk során vizsgálni fogjuk a MatLab környezetben egyszerűen megvalósítható, hálózatszámítási algoritmusok alkalmazásának lehetőségét a TSI egyszerűbb, szinte automatizált kiszámítására.

A stabilitási indexek információ-értékének vizsgálata céljából össze kívántuk hasonlítani azokat az egyes zárlatok kritikus fennmaradási idejével, melynek számítását az egyenlő területek módszeréből (lásd [3]) kiindulva, illetve időtartomány-beli szimuláció segítségével is elvégeztük. (A kétféle úton kapott eredmények a vizsgált esetek többségében jó egyezést mutattak.)

1. ábra. *Tranziens stabilitási index és kritikus zárlathárítási idő összefüggése*

A karakterisztika egyértelmű, monoton függést mutat mind az egyenlő területek módszere, mind az időbeli szimuláció alapján (topológia változtatása nélkül) számított kritikus zárlatfennmaradási idő (critical clearing time, CCT), és a vizsgált stabilitási index között. Ez alapján elmondható, hogy a stabilitási index értékéből – a modell érvényességét befolyásoló követelmények betartása esetén – megalapozott következtetés vonható le a rendszer tranziens stabilitásra vonatkozó állapotára.

4. Összefoglalás

Az elvégzett elméleti számítások, irodalomkutatás, modellalkotás és modellszámítások eredményeit összefoglalva az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- a stabilitási indexek eredeti célja – a számítási idők lecsökkentése az időbeli szimuláció futási idejéhez képest – a mai számítókapacitás mellett jelentőségét veszítette;
- a stabilitási indexek számításának ma elsősorban az áttekinthető kimenet és hálózat stabilitási állapotának gyors áttekintése ad létjogosultságot;
- alaposan meg kell vizsgálni, hogy az elvi elhanyagolások milyen feltételek mellett nem vezetnek félrevezető eredményre;
- az eredmények értékelésének és validálásának elsődleges eszköze az időbeli szimuláció reprezentatív eredményeivel való összehasonlítás.

A téma további vizsgálatára vonatkozó terveink az alábbiak:

- számítási algoritmus kidolgozása a zárlat helyétől különböző gyűjtősínekre csatlakozó generátorok szöggyorsulásainak meghatározására – időbeli szimuláció nélkül
- MatLab rutinok fejlesztése a be- és kimenő adatok célszerűbb kezelése, feldolgozása és megjelenítése céljából
- a jelenleg szélsőségesnek ítélt üzemállapotok bevonása a vizsgálatokba, az elvi elhanyagolások által okozott hiba kiküszöbölésére irányuló módosítások a modellben ill. a számítási eljárásokban
- más stabilitási indexek részletesebb vizsgálata
- a kidolgozott eljárások rendszerirányítási célú felhasználásának vizsgálata

Irodalom

- [1] M. Ribbens-Pavella, P. G. Murthy, J. L. Horward, J. L. Carpentier: Transient Stability Index for on-line stability assessment and contingency evaluation. Intl. Journal of Power and Energy Systems, Vol. 4. № 2, Apr. 1982.
- [2] Vokony István, Székely Ádám: Villamosenergia-rendszer stabilitásvizsgálata közvetlen módszerekkel. Tudományos Diákköri Dolgozat, BME, Budapest, 2006.
- [3] Faludi Andor – Szabó László: Villamosenergia-átvitel. Egyetemi jegyzet. BME, Budapest, 2002.

Vokony István villamosmérnök-jelölt; **Székely Ádám** villamosmérnök-jelölt, egy. demonstrátor
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Cím: 1111 Budapest, Egry József utca 18.
Telefon: +36 30 640 9013 +36 70 337 9046
E-mail: vokonyistvan@gmail.com szekely@evtsz.bme.hu

Barbarics Tamás dr., okleveles villamosmérnök, egyetemi docens
BME, Szelessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, Villamosságtan Csoport
1111 Budapest, Egry József utca 18.; Tel.: + 36 1 463 3190; E-mail: barbarics@evtsz.bme.hu