

# **TÉZISFÜZET**

## **A LOLP VALÓSZÍNŰSÉGI MÉRTÉK ALKALMAZÁSÁNAK TOVÁBBFEJLESZTÉSE**

**Elvételes kondenzációs és ellennyomású gőzturbinás erőműegységek  
megbízhatósági leírása Markov-modell alkalmazásával**

**Ph.D értekezés tézisei**

**Dr. Fazekas András István**  
okl. gépészmérnök

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

**Budapest  
2010**

## B. Bevezetés

### B.1. Az értekezés tárgya, célkitűzése

Jelen TÉZISFÜZET „A LOLP valószínűségi mérték alkalmazásának továbbfejlesztése / Elvételes kondenzációs és ellennyomású gőzturbinás erőműegységek megbízhatósági leírása Markov-modell alkalmazásával” című doktori értekezésben kifejtett téziseket foglalja össze. A TÉZISFÜZET alapjául szolgáló doktori értekezés tárgya a rendszerszintű villamosenergia-termelés megbízhatósága valószínűségi mértékének, a *Loss-of-Load Probability (LOLP)*<sup>1</sup> valószínűségi mérték alkalmazásának továbbfejlesztése, kiterjesztése, és a LOLP-számítások pontosságának javítása az elvételes kondenzációs és az ellennyomású gőzturbinás erőműegységek differenciált megbízhatósági leírása által. A doktori dolgozat egy hosszabb távú kutatómunka első szakaszának eredményeit összegzi. A hosszú távú kutatási program a rendszerszintű teljesítőképesség-tartalék és a szabályozási célokat szolgáló teljesítőképesség meghatározásakor a valószínűségelméleti alapokon nyugvó számítási módszerek továbbfejlesztését, gyakorlati alkalmazhatóságának javítását tűzte ki célul. E kutatási program megvalósítása első lépéseként kidolgozásra került az elvételes kondenzációs és az ellennyomású gőzturbinás erőműegységek sztochasztikus üzemmenetének Markov-modell (diszkrét állapotterű és diszkrét időparaméterű Markov-láncok, illetve diszkrét állapotterű és folytonos időparaméterű Markov-folyamatok) alkalmazásával történő leírása. A kifejlesztett számítási eljárás jelentős mértékben javítja a LOLP-számítások, így a villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatósága számításának pontosságát, lehetővé téve ezáltal a rendszerszintű tartalékképzés differenciáltabb tervezését.

## B2 Problémafelvetés

A villamos energiát és hőt kapcsoltan termelő erőműegységeket mindezülig „kényszermenetrendes”, vagy „kvázi kényszermenetrendes”, „aggregált” erőműegységekként modellezték a villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatóságának számítása során. Számos esetben a kogenerációs erőműegységek teljesítőképességével egyszerűen csökkentették a rendszerszintű teljesítményigényt. Ez azt jelentette, hogy a kogenerációs erőműegységek rendelkezésre álló teljesítőképességének figyelembe vételekor nem számoltak a hőkiadás miatti teljesítőképesség-csökkenéssel, és ezen egységeket kétállapotú megbízhatósági modellel írták le. A kétállapotú megbízhatósági leírás szerint az adott erőműegység vagy teljes teljesítőképességével üzemképes, vagy teljes teljesítőképességét elveszítve üzemképtelen. Erőműegységek kétállapotú megbízhatósági leírása azonban csak abban az esetben ad megfelelő pontosságú eredményt, ha a modellezett erőműegységek éves üzemideje nagy, azaz, ha az adott erőműegységek az év túlnyomó részében üzemben vannak. Külön magyarázat nélkül belátható, hogy a kétállapotú megbízhatósági modell alkalmazása durva közelítést jelent a valóságos üzemmenetnek a villamos energiát és hőt kapcsoltan termelő, elvételes kondenzációs és ellennyomású erőműegységek esetében. Ennek alapvetően két oka van. Egyrészt ezek az erőműegységek éves kihasználási óraszámukat tekintve meghaladják a csúcserőművi erőműegységek éves üzemidejét, ugyanakkor azonban jelentősen elmaradnak az alaperőművi egységek éves üzemidejétől. Másrészt az elvételes kondenzációs és ellennyomású gőzturbinás erőműegységek a kapcsolt termelés miatt a teljes üzemi időszak meghatározott részében a névleges villamos teljesítőképességüknél kisebb villamos teljesítőképességgel állnak az erőműrendszer rendelkezésére. Következésképpen a kogenerációs erőműegységek differenciált megbízhatósági modellezésére nem alkalmas a kétállapotú megbízhatósági leírás. Ezen a helyzeten nem változtat az a gyakorlat sem, amely a hőkiadás miatti teljesítőképesség-vesztést egyfajta (a teljes tárgyidőszakra vonatkoztatott) átlagértékkel (HH: hőszolgáltatás miatti hiány [MW]) próbálja számításba venni.

---

<sup>1</sup> A LOLP valószínűségi mérték mibenlétének ismertetése megtalálható az alábbi két szakirodalmi közlésben:

[1]: Dr. Fazekas András István: A rendszerszintű teljesítőképesség-hiány valószínűségi mértéke: a LOLP. A számítási eljárás ismertetése. Magyar Energetika, 2008/2, p.33-43.

[2]: Dr. Fazekas András István: A LOLP meghatározásának alapjául szolgáló rendszer konfiguráció-számítások. Magyar Energetika, 2008/3, p.17-28.

Ez a probléma értelemszerűen azokban az esetekben jelentkezik, amikor az adott erőműrendszeren belül jelentős arányban vannak kogenerációs erőműegységek a rendszert alkotó energiatermelő egységek között. A hazai erőműrendszerben ez a helyzet. A tézisekben megfogalmazott javaslatok, a kidolgozott számítási eljárás ennek a problémának a feloldását célozza.

### **B3 A problémafelvetés aktualitása**

A hazai villamosenergia-rendszerben a rendszerszintű tartaléktartás összes költsége 2010-ben előreláthatóan meghaladja a 100 Mrd Ft-ot. Mindezek alapján nem szorul külön indoklásra az a törekvés, amely a rendszerszintű villamosenergia-termelés adott színvonalú megbízhatóságának biztosításához szükséges rendszerszintű teljesítőképesség-tartalék minimális mértékének egzakt számítására, a számítási pontosság javítására irányul.

#### **1. A tézisekkel kapcsolatos szakirodalom és a jelenlegi számítási gyakorlat áttekintése**

##### **1.1. A tézisekkel kapcsolatos hazai szakirodalom áttekintése**

A hazai rendszerszintű tervezési gyakorlatban a valószínűségelméleti számításokon alapuló tervezési eljárások és ezzel szoros összefüggésben a villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatóságát jellemző valószínűségi mértékek használata a nyolcvanas években, a WASP számítógépes programrendszer alkalmazásával kezdődött. *Dörfner Péter* és *Hoffer János* 1989-ben publikálta „*A kumuláns módszer és használata villamosenergia-rendszerek megbízhatósági számításaiban*” című cikkét [3]. A rendszerszintű teljesítőképesség-mérleg felépítését, a rendszerszinten szükséges különféle tartalék teljesítőképességeket, a rendszerszabályozást és az ezzel összefüggő tervezési kérdéseket tárgyalja *dr. Stróbl Alajos* (*Teljesítmények, teljesítőképességek a liberalizált villamosenergia-rendszerekben I.-II.*, című cikke [4], [5]. Az összefoglaló áttekintés részben a nemzetközi előírásokat, részben az MVM Zrt. illetve a MAVIR Zrt. tervezési gyakorlatát ismerteti, utalva a LOLP számításokkal való összefüggésekre is. A cikk alapvetően a gyakorlati alkalmazás oldaláról tárgyalja a felsorolt kérdésköröket. Külön kiemelendő a LOLP és a rendszerszintű optimális üzembiztonsági tartalék ( $\text{ÜBT}_{\text{opt}}$ ) összefüggéseire is rámutató cikk [6], amelynek szerzője *dr. Potecz Béla*. A cikk abból a szempontból bír kiemelt fontossággal, hogy a bemutatott számítások eredményeinek ismertetésekor megadja, hogy az adott korlátozás milyen LOLP értéknek felel meg. A szerző felveti a tartaléktervezés gazdaságossági megfontolásokon alapuló tervezésének lehetőségét, bemutatva a tartalékkapacitások és a fogyasztói korlátozási kár közötti összefüggést. A villamosenergia-termelés szakterületével kapcsolatos egyetemi tankönyvek és szakkönyvek nem foglalkoznak a LOLP valószínűségi mérték számításával és elméletével összefüggő kérdésekkel. Több mint másfél évtizede jelent meg *Tersztyánszky Tibor* „*A villamosenergia-rendszer életképességének növelése*” című könyve [7], amely alapvetően a teljesítményhiányos rendszer frekvenciacsökkenésének elméleti kérdéseivel foglalkozik. A könyvben bemutatott szimulációs számítások valószínűségelméleti megfontolásokon alapulnak. A könyv *Függelékének* harmadik részében (*A villamosenergia-ellátás és -szolgáltatás megbízhatóságának értékelésére szolgáló indexek, mutatók áttekintése*) a második fejezet tekinti át a valószínűségi indexeket. Az áttekintés azonban csak a fogalmak ismertetésére szorítkozik, teljes terjedelme két és egynegyed oldal. Itt mindenesetre bemutatásra kerül több, a villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatóságát jellemző korszerű valószínűségi mérték. A rendszerszintű teljesítőképesség-tervezést, mint rendszerszintű tervezési feladatot részletesen tárgyalja *Dr. Fazekas András István* „*Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I.* [8] könyve. A könyv második kötetében (*Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése II.* Budapest, Akadémiai Kiadó, megjelenés alatt [9]) külön főfejezet tárgyalja mind az erőművi alrendszer (a villamosenergia-termelés), mind a hálózati alrendszerek megbízhatóságával összefüggő kérdéseket, részleteiben bemutatva a korszerű valószínűségelméleti tervezési módszereket.

A hazai szakfolyóiratokban publikált cikkeket, illetve a szakterülettel foglalkozó könyveket áttekintve megállapítható, hogy az értekezés témakörével kapcsolatos publikációk nem jelentek meg. A LOLP-pal kapcsolatos rendkívül szűk körű szakirodalmi közlések egyike sem foglalkozik az alkalmazás

elvételes kondenzációs és ellennyomású erőműegységekre történő kiterjesztésével, következésképpen a hazai szakirodalmi közlések nem érintik, nem említik a tézisekben megfogalmazott állításokat.

## 1.2. A tézisekkel kapcsolatos külföldi szakirodalom áttekintése

Magának a megbízhatóság-elméletnek és ezen belül a villamosenergia-rendszerek, a villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatósági vizsgálatának kiterjedt külföldi (elsősorban angol és német nyelvű) szakirodalma van. Célirányosan az erőműrendszerek, a villamosenergia-termelés és a hálózati üzem megbízhatósági kérdéseivel kapcsolatos elméleti vizsgálódások alapvetően két szerző, *Roy Billinton* ([10], [11], [12]) és *John Endrényi* nevéhez kapcsolhatók ([13]). Túlzás nélkül lehet azt állítani, hogy e két szerző által megjelentetett könyvek a villamosenergia-rendszerek megbízhatósági analízisének minden elméleti, és gyakorlati aspektusát tárgyalják. A szakfolyóiratokban megjelent publikációk száma elképesztően nagy. Elviekben kidolgozott és ismert a tetszőleges,  $n$ -állapotú valószínűségi modell is. A szakirodalomban van ugyan példa erőműegységek háromállapotú, sőt négyállapotú megbízhatósági leírására (([10],p.272.), ([10], p.291.), ([12], p.155-161.)), mindazonáltal a gyakorlatban e modellek alkalmazása nem jellemző. A számítási igények radikális növekedése és a megbízható bemenő adatok (statisztikai adatbázis) hiánya miatt a kétállapotú modell alkalmazása volt általános. Ez a helyzet napjainkban is. Az elvételes kondenzációs és ellennyomású erőműegységek három- és többállapotú valószínűségi modellezésére javasolt megoldás újdonságtartalma tehát nem a három- és többállapotú modell kidolgozása (ez már korábban is ismert volt), hanem a három- és többállapotú állapotter-modell alkalmazása a szóban forgó erőműegységek valószínűségi modellezésére. Erre vonatkozóan nincs példa az angol és német nyelvű szakirodalomban. Ennek egyik alapvető oka az, hogy a valószínűségelméleti vizsgálatok kifejlesztésében és alkalmazásában élenjáró országok villamosenergia-rendszereiben nincs számottevő kapcsolt energiatermelés, így a probléma sem jelentkezett sürgetően megoldandó problémaként. Nincs előzménye a külföldi szakirodalomban annak a számítási eljárásnak sem, amelyet a doktori disszertációban javasoltam az ellennyomású és az elvételes kondenzációs erőműegységek három- és többállapotú modellezéséhez szükséges, az erőműegységek valószínűségi viselkedését leíró bemenő adatok meghatározására. Ez az előzőekből következik, hiszen a kérdéskörrel nem foglalkoztak behatóan a korábbiakban említettek miatt. A javasolt megoldás annyiban is újszerű, hogy a csökkentett teljesítőképességgel való működés, azaz ebben az üzemiállapotban való tartózkodás, valószínűségének a meghatározása a külső levegőhőmérséklet tartamdiagramjának alapján történik.

A német és angol nyelvű tárgyi szakirodalom főbb munkáinak áttanulmányozása révén megállapítható, hogy a tézisekben megfogalmazott állítások tárgyalását nem tartalmazzák.

## 2. 1. tézis

### 2.1 A LOLP valószínűségi mérték definíciója

A LOLP valószínűségi mérték számításával kapcsolatos kérdéseket, a számítási eljárást részletesen ismerteti [1] és [2]. A LOLP valószínűségi mértéket az alábbi összefüggés definiálja:

$$g = \sum_j P(C = C_j)P(L > C_j). \quad (2.1-1)$$

Az összefüggésben:

$g$	LOLP értéke [-];
$P$	valószínűség [-];
$C$	a rendszerszinten rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség egy adott vizsgálati időintervallumban [MW];
$C_j$	a rendszerszintű rendelkezésre álló teljesítőképesség egy konkrét értéke [MW];
$L$	rendszerszintű terhelés [MW].

Az összefüggés alapján a LOLP annak az együttes valószínűsége, hogy a rendszerszinten rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség éppen  $C = C_j$  [MW] nagyságú és a rendszerszintű terhelés ( $L$  [MW]) meghaladja ezt az értéket

A LOLP-számítások során egyrészt meghatározásra kerül a rendszerszintű teljesítmény-igény valószínűségi eloszlása (valószínűségi eloszlásfüggvénye), másrészt az erőműrendszer mindenkor rendelkezésre álló villamos teljesítőképességének valószínűségi eloszlásfüggvénye. Ez a rendszerszintű valószínűségi eloszlásfüggvény kombinatorikai úton az egyes erőműegységek rendelkezésre álló villamos teljesítőképességének eloszlásfüggvénye alapján, a lehetséges összes rendszer teljesítőképesség-konfiguráció figyelembe vételével számítható. Keresett tehát az egyes erőműegységek mindenkor rendelkezésre álló villamos teljesítőképességének valószínűségi eloszlásfüggvénye. Ez másképpen fogalmazva azt jelenti, hogy keresett az, hogy az egyes erőműegységek milyen valószínűségekkal tartózkodnak az egyes definiált üzemállapotokban. Mindennek ismeretében meghatározhatók az egyes üzemképes üzemállapotokhoz tartozó készenléti tényezők, illetve a meghibásodási tényező. Ezek a megbízhatósági jellemzők képezik a LOLP-számítások bemenő adatait.

## 2.2 1. tézisben foglalt állítás

Az elvételes kondenzációs és ellennyomású erőműegységek differenciált megbízhatósági leírását (= három- és többállapotú megbízhatósági modellezését) az teszi lehetővé, hogy ezen erőműegységek esetében ismert (meghatározható) az egyes üzemállapotokban való tartózkodás valószínűségi eloszlásfüggvénye. Erőműegységek három- és többállapotú megbízhatósági leírásának ugyanis előfeltétele, hogy ismert legyen az egyes definiált üzemállapotokban való tartózkodás valószínűségi eloszlása (adott tárgyidőszakra vonatkozóan). Kétállapotú megbízhatósági leírás esetében az feltételezett, hogy az erőműegység kizárólagos vagylagossággal tartózkodik a „*meghibásodott, zérus teljesítőképességű*”, illetve a „*teljes teljesítőképességgel üzemképes*” üzemállapotban. Kétállapotú megbízhatósági leíráshoz szükséges diszkrét valószínűségi eloszlásfüggvény meghatározható az adott erőműegység meghibásodási statisztikái alapján. Az esetek abszolút többségében a három- vagy többállapotú megbízhatósági leíráshoz azonban nem állnak rendelkezésre megfelelő statisztikai adatok. Az elvételes kondenzációs és ellennyomású erőműegységek esetében a három- és többállapotú megbízhatósági leírást ezen erőműegységek azon, – technológiájukból adódó, – sajátossága teszi lehetővé, hogy azok mindenkor rendelkezésre álló maximális villamos teljesítőképessége a napi közepes külső levegőhőmérséklet függvénye, abban az esetben értelemszerűen, ha az adott erőműegység döntően (80-90 %-ban) fűtési célú hőigények hőforrásaként üzemel. Ezt a felismerést fogalmazza meg az **1. tézisem**:

*Az elvételes kondenzációs és az ellennyomású erőműegységek rendelkezésre álló maximális villamos teljesítőképessége, mint valószínűségi változó ( $\chi_{LPP_{max}}$ ) a napi közepes külső levegőhőmérséklet, mint valószínűségi változó ( $\zeta_{Tk}$ ) transzformálja. Ebből következően ezen erőműegységek mindenkor rendelkezésre álló maximális villamos teljesítőképességének valószínűségi eloszlása és eloszlásfüggvénye ( $F_{\chi_{LPP_{max}}}$ ) meghatározható a külső levegőhőmérséklet adott helyen és adott időszakban ismert valószínűségi eloszlása és eloszlásfüggvénye ( $F_{\zeta_{Tk}}$ ) alapján.*

A tézisben megfogalmazottak újdonságtartalma hangsúlyozottan nem az, hogy a szóban forgó erőműegységek esetében a mindenkor rendelkezésre álló maximális villamos teljesítmény a mindenkori hőkiadás, és ebből következően végső soron a napi közepes külső levegőhőmérséklet függvénye, hanem az a felismerés, hogy ez a kapcsolat teszi lehetővé az adott erőműegységek három- és többállapotú megbízhatósági leírását, hiszen a keresett valószínűségi változó ( $\chi_{LPP_{max}}$ ) a ( $\zeta_{Tk}$ ) valószínűségi változó transzformáltja. Ennek ismeretében pedig már számítható az egyes definiált üzemállapotokban való tartózkodás (adott vizsgálati tárgyidőszakra vonatkozó) valószínűsége. Az **1. tézisben** foglaltak beláthatók az alábbiak alapján.

### 2.3. Az 1. tézisben foglaltak rövid kifejtése

Elvételes kondenzációs és ellennyomású gőzturbinás erőműegységek esetében fennáll az

$$L_{PP\max} = f(\dot{Q}(T_k)). \quad (2.3-1)$$

összefüggés. Az összefüggésben  $\dot{Q}$  ([MW]) az erőműegység aktuális hőteljesítménye,  $L_{PP\max}$  ([MW]) az erőműegység által maximálisan kiadható villamos teljesítőképesség. A külső levegőhőmérséklet, ebből következően annak napi közepes értéke is, véletlenszerűen változik időben. E véletlen folyamat leírása során az  $\Omega_{E_i}$  eseményteret az  $E_i$  elemi események feszítik ki:  $\Omega_{E_i} = \{E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_n\}$ . Valamely  $E_i$  elemi esemény következik be akkor, ha a napi közepes külső levegőhőmérséklet ( $T_k$ ) a  $(T_{k,i-1}, T_{k,i}]$  értéktartományba esik. A napi közepes külső levegőhőmérséklet valószínűségi eloszlása adott földrajzi helyen ismert. Ez azt jelenti, hogy adott földrajzi régióban, adott vonatkoztatási időtartam átlagában minden egyes hőmérsékletértékre, vagyis a  $\zeta_{T_k}$  valószínűségi változó minden egyes lehetséges értékére vonatkozóan ismert annak előfordulási valószínűsége. Az eloszlásfüggvényt az

$$F_{\zeta_{T_k}}(T_k) = P(\zeta_{T_k} < T_k) \quad (2.3-2)$$

összefüggés definiálja. Az elvételes kondenzációs és az ellennyomású gőzturbinás erőműegységek olyan hőfogyasztók hőforrásaiként üzemelnek, amelyek mindenkori hőteljesítmény-igénye a napi közepes levegőhőmérséklettel arányosan változik (2.3-1). Az erőműegység hőkiadását a

$$\dot{Q}_i = f(T_{k,i}) \quad (2.3-3)$$

összefüggés határozza meg. Az elvételes kondenzációs, illetve az ellennyomású erőműegységek által kiadható maximális villamos teljesítmény az aktuális hőteljesítmény függvénye, azaz fennáll az

$$L_{PP\max,i} = f(\dot{Q}_i) \quad (2.3-4)$$

összefüggés. Végző soron tehát a mindenkori rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség (= adott hőkiadás mellett maximálisan kiadható villamos teljesítmény) is a napi közepes levegőhőmérséklet függvénye az alábbiak szerint:

$$L_{PP\max,i} = f(T_{k,i}) \quad (2.3-5)$$

A megfelelő összetartozó értékek, azaz  $T_{k,i}$ ,  $\dot{Q}_i$  és  $L_{PP\max,i}$  értékek mindezek alapján meghatározhatók, azaz meghatározható, hogy egy adott  $E_i$  véletlen esemény bekövetkezése esetén milyen  $\dot{Q}_i$  és  $L_{PP\max,i}$  értékek adódnak. A  $\zeta_{T_k}$  valószínűségi változóval analóg módon definiálható tehát az  $\omega_Q$  erőművi hőteljesítmény véletlen változó, illetve a  $\chi_{LPP\max}$  erőművi maximális kiadható villamos teljesítmény (= maximálisan rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség) véletlen változó. A (2.3-1), a (2.3-3), (2.3-4) és (2.3-5) összefüggésekből következően

$$\omega_Q = \omega_Q(\zeta_{T_k}), \quad (2.3-6)$$

$$\chi_{LPP\max} = \chi_{LPP\max}(\omega_Q) \quad (2.3-7)$$

és végző soron

$$\chi_{LPP\max} = \chi_{LPP\max}(\zeta_{Tk}). \quad (2.3-8)$$

Ez azt jelenti, hogy az  $\omega_Q$  erőművi hőteljesítmény véletlen változó, illetve a  $\chi_{LPP\max}$  erőművi maximális kiadható villamos teljesítmény (= maximálisan rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség) véletlen változó egyaránt a  $\zeta_{Tk}$  napi közepes külső levegőhőmérséklet változó transzformáltja.

Valamely véletlen változó és transzformáltjának valószínűségi eloszlása az alábbi tétel alapján határozható meg: abban az esetben, ha a  $\xi$  diszkrét véletlen változó, amelynek lehetséges értékei az  $x_1, x_2, \dots$  számok, és  $y = r(x)$  egy tetszőleges függvény, úgy  $\eta = r(\xi)$  valószínűségi változó eloszlását a

$$P(\eta = y_k) = \sum_{r(x_i)=y_k} P(\xi = x_i), \quad (k = 1, 2, \dots), \quad (2.3-9)$$

valószínűségek definiálják, ahol  $y_1, y_2, \dots$  az  $r(x_1), r(x_2), \dots$  számok közül a különbözőket jelentik. Ez könnyen belátható abból következően, hogy az  $\eta = y_k$  esemény akkor és csak akkor következik be, ha a  $\xi$  által felvett  $x_i$  érték olyan érték, amelyre nézve  $r(x_i) = y_k$ . Nyilvánvalóan

$$\sum_k P(\eta = y_k) = 1. \quad (2.3-10)$$

Általánosságban kimondható tehát, hogy

$$P(\chi_{LPP\max} = L_{PP\max,r}) = \sum_{L_{PP\max}(T_{k,i})=L_{PP\max,r}} P(\zeta_{Tk} = T_{k,i}), \quad (r = 1, 2, \dots). \quad (2.3-11)$$

Az állítás természetesen a kiadott hőteljesítményekre vonatkozóan is megfogalmazható, ekkor az a következő alakot ölti:

$$P(\omega_Q = \dot{Q}_r) = \sum_{\dot{Q}(T_{k,i})=\dot{Q}_r} P(\zeta_{Tk} = T_{k,i}), \quad (r = 1, 2, \dots). \quad (2.3-12)$$

## 2.4 Az 1. tézissel kapcsolatos saját publikációk

Az 1. tézisben foglaltakkal kapcsolatos saját publikációk: [9], [14], [15], [16], [17], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Az impact factorral rendelkező folyóiratokban közölt publikációk vastagon szedettek.

## 3. A 2. tézis

### 3.1. A 2. tézisben foglalt állítás

Az előzőekben bemutatott számítási eljárás a gyakorlatban jelentősen egyszerűsíthető. A keresett valószínűségi eloszlásfüggvény ugyanis származtatható a napi közepes külső levegőhőmérséklet tartamdiagramjának speciális transzformációja révén. Ezt állítja a 2. tézisem, miszerint:

*A maximálisan rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség, mint valószínűségi változó ( $\chi_{LPP_{max}}$ ) valószínűségi eloszlásfüggvénye származtatható speciális transzformációk révén a külső levegő napi közepes hőmérséklete ( $T_k$ ) adott földrajzi helyre vonatkozó tartamdiagramjából. Ez az ún. arányossági tartományban lehetséges, vagyis abban a teljesítmény-tartományban, amelyben az adott erőműegység maximálisan rendelkezésre álló villamos teljesítőképessége ( $L_{PP_{max,i}}$ ) és a napi közepes külső levegőhőmérséklet ( $T_{k,i}$ ) között kölcsönösen egy-egyértelmű megfeleltetés van.*

### 3.2 A 2. tézisben foglaltak rövid kifejtése

Amennyiben  $T_k$  [°C] az adott vizsgálati tárgyidőszakban a napi közepes levegőhőmérsékletet jelenti,  $t_k$  [°C] pedig egy tetszőleges hőmérséklet értékét jelöl, úgy  $D(t_k)$  [h] azon időtartamot adja meg egy adott tárgyidőszakon belül, amikor fennáll a  $T_k \geq t_k$  reláció. Azaz azon órák számát adja meg a vonatkoztatási tárgyidőszakon belül, amelyekben a napi közepes külső levegőhőmérséklet értéke nagyobb vagy egyenlő egy meghatározott  $t_k$  [°C] hőmérséklet értéknél. A napi közepes külső levegőhőmérséklet adott tárgyidőszakra vonatkozó tartamdiagramja meteorológiai statisztikai adatok alapján határozható meg adott földrajzi helyre vonatkozóan. A napi közepes külső levegőhőmérséklet adott tárgyidőszakra vonatkozó tartamdiagramja több transzformációs lépésben átalakítható a napi közepes külső levegőhőmérséklet valószínűségi változó eloszlásfüggvényévé. A szükséges transzformációk első lépése az abszcissa tengelyen szereplő időértékek relatív időértékekké való átalakítása. Az átalakítás eredményeképpen adódó diagram esetében az abszcisszatengelyen levő értékek úgy foghatók fel, mint valószínűségi értékek, amelyek megadják annak a valószínűségét, hogy egy adott napi közepes külső levegőhőmérséklet esetében milyen valószínűséggel jelentkezik nagyobb (vagy egyenlő) napi közepes levegőhőmérséklet érték, vagyis amelyek megadják a  $P(T_k \geq t_k)$  valószínűséget. A második transzformációs lépés az abszcissa és az ordinátatengelyek felcserélése. Ekkor az ordinátatengelyen a valószínűségi mérték szerepel, míg az abszcisszatengelyen a különböző napi közepes levegőhőmérséklet értékek szerepelnek. Az előbbieken említett két transzformáció eredményeképpen kapott görbe úgy tekinthető, mint a véletlenszerűen változó  $T_k$  valószínűségi változó eloszlásfüggvényének komplementer görbéje, a

$$d(t_k) = 1 - F_{T_k}(t_k) \quad (3.2-1)$$

görbe. Az összefüggésben

$$\begin{aligned} d(t_k) & \text{ az a relatív időtartam [-], amikor } T_{k,i} \geq t_k \text{ (} d(t_k) = D(t_k) / \tau \text{);} \\ F_{T_k}(t_k) & \text{ } T_k \text{ valószínűségi változó valószínűségi eloszlásfüggvénye;} \\ \tau & \text{ teljes vonatkoztatási időtartam [h].} \end{aligned}$$

A fentiekből következően a  $T_k$  valószínűségi változó valószínűségi eloszlásfüggvénye a

$$F_{T_k}(t_k) = 1 - d(t_k) \quad (3.2-2)$$

összefüggéssel definiált, és azt a relatív időtartamot adja meg, amelyben  $T_k < t_k$ . A relatív időarány valószínűségi mértékként is felfogható. Ekkor a relatív időarány annak a valószínűségével egyenlő (annak a valószínűségét adja meg), amikor  $T_k < t_k$ , vagyis

$$F_{T_k}(t_k) = P(T_k < t_k). \quad (3.2-3)$$



Az  $F_{T_k}(t_k) = P(T_k < t_k)$  tehát annak a valószínűségét adja meg, hogy napi közepes külső levegőhőmérséklet ( $T_k$  [°C]) kisebb, mint egy adott  $t_k$  érték. Az ilyen módon definiált összefüggés bizonyíthatóan kielégíti az eloszlásfüggvény esetében értelmezett követelményeket.

### 3.3 A 2. tézissel kapcsolatos saját publikációk

A 2. tézisben foglaltakkal kapcsolatos saját publikációk: [9], [14], [15], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Az impact factorral rendelkező folyóiratokban közölt publikációk vastagon szedettek.

## 4. 3. tézis

### 4.1 A tézisben foglalt állítás

Az 1. és 2. tézisben megfogalmazottak alapján lehetőség nyílik az elvételes kondenzációs és az ellennyomású erőműegységek esetében az egyes definiált üzemiállapotokban való tartózkodás valószínűségének meghatározására, azaz az egyes üzemiállapotokban való tartózkodás feltétel nélküli valószínűségének meghatározására. A 3. tézisem mindezek alapján a következőképpen fogalmazható meg:

*A villamosenergia-rendszerek, illetve az erőművi alrendszerek rendszerszintű megbízhatósági számításai során az elvételes kondenzációs és az ellennyomású gőzturbinás erőműegységek esetében azok három-, illetve többállapotú állapotter-leírását javaslom, azokban az esetekben, amikor a szóban forgó erőműegységekből döntően (80-90 %-ban) fűtési célú, vagy ismert lefutású technológiai hőigények kielégítése történik.*

### 4.2 A 3. tézisben foglaltak rövid kifejtése

Az értekezés bemutatja az erőműegységek megbízhatósági modellezését állapotter-leírás módszerének alkalmazásával. Az ún. állapotter-leírás alkalmazása során az adott erőműegységet, vagy erőműrendszert (az erőműrendszerben levő erőműegységeket) definiált üzemiállapotaikkal és az egyes üzemiállapotok közötti átmenetek valószínűségével jellemzik. Valamely megbízhatósági szempontból modellezett erőműegység vagy erőműrendszer állapotának megadása alatt az erőműrendszert alkotó erőműegységek adott időpontbeli lehetséges üzemiállapotai valószínűségi eloszlásának megadását értik. Az adott időpontbeli rendszerállapot, vagy erőműegység üzemiállapot akkor definiált egyértelműen, ha ismert a lehetséges üzemiállapotok, illetve rendszer-konfigurációk adott időpillanatbeli valószínűségi eloszlása. Szokásos definiált üzemiállapotok például a „teljes teljesítőképességgel üzemképes”, a „meghibásodott (üzemképtelen)”, a „csökkentett teljesítőképességgel üzemképes”, a „tartalékban van”, a „tartalékban meghibásodott” stb. üzemiállapotok. Az állapotter-leírás módszer alkalmazásának előnye, hogy az esetek abszolút többségében Markov-modell alkalmazásával leírható a rendszer egyik rendszerállapotból egy másik rendszerállapotba való átmenete, s ennek egymás utáni alkalmazásával a rendszerállapotok váltakozása. A Markov-modell (leírás) alkalmazásának feltétele az, hogy az egyes rendszerelemek egyik üzemiállapotból a másik üzemiállapotba való átmenetének valószínűsége csak az üzemiállapot-változást közvetlenül megelőző üzemiállapottól függ, nem függhet a korábbi rendszerállapotoktól, azaz attól, hogy milyen üzemiállapotokban volt az adott erőműegység több lépéssel az adott üzemiállapot-változást megelőzően. Ugyanez igaz a rendszer konfiguráció-változásokra is. Az erőműegységek véletlenszerű állapotváltozásának, illetve az erőműrendszerek konfiguráció-változásának leírása történhet diszkrét időparaméterű és diszkrét állapotterű Markov-láncokkal és folytonos időparaméterű, diszkrét állapotterű Markov-folyamatokkal. Az értekezés mindkét esetre vonatkozóan bemutatja a módszer alkalmazását.

A villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatósági analízise szempontjából a hosszú távú valószínűség-eloszlások meghatározásának van jelentősége, tekintettel a vizsgálatok időhorizontjára. A kérdés az, hogy miképpen határozható meg a hosszú távú, vagyis az ún. stacioner valószínűségeloszlás ezen modellek esetében. A szóban forgó technológiájú erőműegységek ugyanis a

stacioner eloszlásnak megfelelő eloszlásban tartózkodnak az egyes definiált üzemiállapotokban – hosszabb időtávot tekintve. Alapvető kérdésként vetődik fel az a kérdés, hogy bizonyítottan létezik-e a stacionárius eloszlás ezen esetekben, másrészt az a kérdés, hogy miképpen határozható az meg – lehetőség szerint – egyszerű módon. Az első kérdés azzal a kérdéssel ekvivalens, hogy ergodikus Markov-láncok-e az ellennyomású, illetve az elvételes kondenzációs erőműegységek sztochasztikus üzemmenetét leíró Markov-láncok? Az értekezésben bizonyításra kerül, hogy az erőműegységek véletlen üzemmenetét leíró Markov-láncok ergodikus Markov-láncok, következésképpen létezik a keresett stacioner eloszlás.

### 4.3 A 3. tézissel kapcsolatos saját publikációk

A 3. tézisben foglaltakkal kapcsolatos saját publikációk: [1], [2], [9], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Az impact factorral rendelkező folyóiratokban közölt publikációk vastagon szedettek.

## 5. A 4. tézis

### 5.1 A 4. tézisben foglalt állítás

Az erőműegységek megbízhatósági viselkedésének leírása és a LOLP-számítások szempontjából legfontosabb számított érték az ún. készenléti tényező (üzemi készenléti tényező), illetve meghibásodási tényező, mint megbízhatósági jellemző. A készenléti tényező azt az időhányadot adja meg, amelyben az adott erőműegység üzemképes. Hasonló módon értelmezett az ún. meghibásodási tényező is, ebben az esetben az üzemképtelen időszak és a teljes vonatkoztatási tárgyidőszak arányáról van szó. Három- és többállapotú megbízhatósági leírás esetében az egyes üzemképes üzemiállapotokra vonatkozó készenléti tényezők, illetve a meghibásodási tényező meghatározásának hogyanját a 4. tézisemben definiálom.

*Az elvételes kondenzációs és ellennyomású gőzturbinás erőműegységek esetében, a különböző üzemképes üzemiállapotokhoz tartozó készenléti tényezők ( ${}^d K_{Ui} [-]$ ) az adott üzemképes üzemiállapotban való tartózkodás és a teljes vonatkoztatási időtartam arányaként számíthatók. Ez az időarány a maximálisan rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség valószínűségi eloszlásfüggvénye alapján határozható meg, és ez nem más, mint annak a valószínűsége, hogy a szóban forgó erőműegység az adott definiált üzemképes üzemiállapotokban tartózkodik. Az erőműegység különböző üzemképes üzemiállapottaihoz tartozó készenléti tényezői annak figyelembe vételével határozhatók meg, hogy az üzemképes üzemiállapotokban és a meghibásodott üzemiállapotban való tartózkodás időtartama összességében a teljes vonatkoztatási időtartammal azonos. A meghibásodási tényező ( ${}^d K_D [-]$ ) a szokásos módon számítható.*

### 5.2. A 4. tézisben foglaltak rövid kifejtése

Az elvételes kondenzációs és az ellennyomású gőzturbinás erőműegységek esetében fennállnak az alábbi összefüggések:

$$\sum_{i=1}^{i=d-1} {}^d T_{Ui} + {}^d T_D = {}^d T \quad (5.2-1)$$

$${}^d K_{Ui} = \frac{{}^d T_{Ui}}{{}^d T} = \frac{{}^d T_{Ui}}{\left(\sum_{i=1}^{d-1} {}^d T_{Ui}\right) + {}^d T_D} = P(L_{PP,max,Ui} \leq \chi_{LPP,max} < L_{PP,max,Ui}) = \quad (5.2-2)$$

$$= F_{\chi_{LPP,max}}(L_{PP,max,Ui}) - F_{\chi_{LPP,max}}(L_{PP,max,Ui})$$

$${}^d K_D = \frac{{}^d T_D}{{}^d T} = \frac{{}^d T_D}{\left(\sum_{i=1}^{d-1} {}^d T_{U_i}\right) + {}^d T_D} \quad (5.2-3)$$

Az összefüggésekben:

- $d$  a lehetséges definiált üzemiállapotok száma [-];
- ${}^d T_{U_i}$   $i$ -edik üzemiállapotban való tartózkodás időtartama [h];
- ${}^d K_{U_i}$   $i$ -edik üzemiállapothoz tartozó készenléti tényező [-];
- ${}^d T_D$  a „meghibásodott” üzemiállapotban való tartózkodás időtartama [h];
- ${}^d K_D$  a „meghibásodott” üzemiállapothoz tartozó meghibásodási tényező [-];
- ${}^d T$  teljes vonatkoztatási időtartam [-];
- $L_{PP,max,Uia}$  az  $i$ -edik üzemiállapot teljesítménytartományának alsó határa [MW];
- $L_{PP,max,Uif}$  az  $i$ -edik üzemiállapot teljesítménytartományának felső határa [MW].

### 5.3 A 4. tézissel kapcsolatos saját publikációk

A 4. tézisben foglaltakkal kapcsolatos saját publikációk: [9], [14], [15], [17], [18], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Az impact factorral rendelkező folyóiratokban közölt publikációk vastagon szedettek.

## 6. 5. tézis

### 6.1. Az 5. tézisben foglalt állítás

A LOLP-számítások további fontos bemenő adata az egyes definiált üzemiállapotokhoz tartozó átlagos villamos teljesítőképesség ( $\overline{L_{PP,Uk}}$  ([MW])). Ezen átlagos teljesítőképesség meghatározásának alapelvét az 5. tézisemben fogalmazom meg a következőképpen:

*Az egyes definiált üzemiállapotok átlagos teljesítőképessége számításának alapelve az, hogy az adott teljesítőképesség-tartományban tartózkodás során ténylegesen kiadott villamos energia mennyisége egyezzen meg az átlagértékkel számolt villamos mennyiségével. A  $k$ -adik üzemiállapotbeli átlagos teljesítmény ( $\overline{L_{PP,Uk}}$  ([MW])) az adott üzemiállapotbeli*

*teljesítményértékek előfordulási valószínűséggel súlyozott összege ( $\sum_{i \in G_{UK}} p_i L_{PP,max,i}$ ) és az egyes*

*teljesítményértékek előfordulási valószínűsége összegének ( $\sum_{i \in G_{UK}} p_i$ ) a hányadosaként adódik.*

A számítási eredmények alapján lehetővé válik a lehetséges rendszer teljesítőképesség-konfigurációk kombinatorikus úton történő meghatározása. A rendszer lehetséges teljesítőképesség-konfigurációinak meghatározása végső soron a rendszerszintű rendelkezésre álló villamos teljesítőképesség valószínűségi eloszlásfüggvényének a meghatározására irányul. Ennek a valószínűségi eloszlásnak, valamint a rendszerszintű terhelés valószínűségi eloszlásának az ismeretében már közvetlenül számítható a LOLP értéke.

## 6.2 Az 5. tézissel kapcsolatos saját publikációk

Az 5. tézisben foglaltakkal kapcsolatos saját publikációk: [14], [15], [17], [18], [20] [27]. Az impact factorral rendelkező folyóiratokban közölt publikációk vastagon szedettek.

### OF Az eredmények összegzése

Alapvető kérdésként vetődik fel értelemszerűen az a kérdés, hogy az újonnan kifejlesztett számítási eljárás milyen mértékben javítja a számítások pontosságát. *A tapasztalatok alapján 10-30 %-os pontosságjavulással lehet számolni. Kijelenthető, hogy azokban az esetekben a legmarkánsabb a pontosságjavulás, amikor az adott vizsgálati tárgyidőszakon belül a hőmérsékletváltozások jelentősek.*

A kifejlesztett számítási eljárás elvételes kondenzációs és ellennyomású erőműegységek három- és többállapotú megbízhatósági leírására alkalmas, abban az esetben, ha a hőkiadás *döntően* fűtési célú hőkiadás, azaz ha a napi külső levegőhőmérséklettel arányos a hőkiadás. Az alkalmazási terület e szigorú behatárolását az magyarázza, hogy ebben az esetben származtatható az adott erőműegység maximálisan rendelkezésre álló villamos teljesítőképessége valószínűségeloszlása a napi közepes külső levegőhőmérséklet valószínűségi eloszlásából. A három- és többállapotú megbízhatósági leírás ugyanis feltételezi az egyes definiált üzemiállapotokban való tartózkodás valószínűsége eloszlásának ismeretét. *Ez egyben azt is jelenti, hogy a kifejlesztett számítási eljárás minden olyan esetben alkalmazható, amikor – valamilyen módon – ismert a definiált üzemiállapotok valószínűségi eloszlása.*

### Hivatkozott szakirodalom

- [1] **Fazekas, András István:** A rendszerszintű teljesítőképesség-hiány valószínűségi mértéke: a LOLP. A számítási eljárás ismertetése. Magyar Energetika, 2008/2, p.33-43.
- [2]: **Fazekas, András István:** A LOLP meghatározásának alapjául szolgáló rendszer konfiguráció-számítások. Magyar Energetika, 2008/3, p.17-28.
- [3] **Dörfner, Péter – Hoffer, János:** A kumuláns módszer és használata villamosenergia-rendszerek megbízhatósági számításaiban. Alkalmazott Matematikai Lapok, 14 (1989), p.45-55.
- [4] **Stróbl, Alajos:** Teljesítmények, teljesítőképességek a liberalizált villamosenergia-rendszerekben I. Magyar Energetika, 2003/2, p.37-47.
- [5] **Stróbl, Alajos:** Teljesítmények, teljesítőképességek a liberalizált villamosenergia-rendszerekben II. Magyar Energetika, 2003/4, p.27-31.
- [6] **Potecz, Béla:** Számítás a magyar VER 2003-2004. évi optimális üzembiztonsági tartalékának ( $\dot{U}BT_{opt}$ ) meghatározására. A Magyar Villamos Művek Közleményei, 2004/2-3, p.18-22.
- [7] **Tersztyánszky, Tibor:** A villamosenergia-rendszer életképességének növelése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992.
- [8] **Fazekas, András István:** Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2006.
- [9] **Fazekas, András István:** Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése II. Akadémiai Kiadó, Budapest, megjelenés alatt, („A villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatósági számításai” rész)
- [10] **Billinton, R. – Allan, R. N.:** Reliability Evaluation of Power Systems. Plenum Press, New York and London, 1984.
- [11] **Billinton, R. – Allan, R. N.:** Reliability Evaluation of Engineering Systems. Concepts and Techniques. Plenum Press, New York and London, 1992.
- [12] **Billinton, R.:** Power System Reliability Evaluation. Gordon and Beach, Science Publishers, New York, London, Paris, 1982.
- [13] **Endrenyi, J.:** Reliability Modeling in Power Systems. John Wiley & Sons, Chichester, New York, London, Toronto, 1978.
- [14] **Fazekas, András István – V. Nagy, Éva:** Reliability description for power plant units with extraction condensing and back pressure turbines using discrete time-parameter and discrete state-space Markov-chains. European Transactions on Electrical Power, ETEP-10-0126, (megjelenés alatt)
- [15] **Fazekas, András István – V. Nagy, Éva:** Three-and-more-state reliability description of power plant units with extraction condensing and back pressure turbines using Markov processes with continuous time parameter and discrete state space. IEEE Transactions on Power Systems, TPWRS - 00149 – 2010, (megjelenés alatt)
- [16] **Fazekas, András István – V. Nagy, Éva:** Reliability description of power plant units with extraction condensing and back pressure turbines using state space model. Periodica Polytechnica / Mechanical Engineering, (megjelenés alatt)
- [17] **Fazekas, András István:** Calculation of the availability of power plant units with extraction condensing and back pressure turbines. European Transactions on Electrical Power, ETEP-10-0239, (megjelenés alatt)
- [18] **Fazekas, András István:** The long term probability distribution of the defined operation states of power plant units with extraction condensing and back pressure turbines. IEEE Transactions on Reliability, TRR – 00196 – 2010 (megjelenés alatt)
- [19] **Fazekas, András István:** Derivation of the long term cumulative distribution function of the available maximum power output of power plant units with extraction condensing and back pressure turbines. IEEE Transactions on Power Systems, TPWRS - 00277 – 2010, (megjelenés alatt)

- [20] **Dr. Fazekas, András István:** Fejezetek a rendszerszintű villamosenergia-termelés megbízhatósági számításainak tárgyköréből. (Egyetemi oktatási segédanyag)
- [21] **Dr. Fazekas, András István:** A villamosenergia-termelés rendszerszintű megbízhatósága. I. kötet. Elvételes kondenzációs és ellennyomású gőzturbinás erőműegységek megbízhatósági leírása. EN-OPT, Budapest, 2010. (ISBN 978-963-86681-4-1 Ö; ISBN 978-963-86681-5-8)
- [22] **Fazekas, András István:** Villamos energiát és hőt kapcsoltan termelő erőműegységek rendelkezésre álló teljesítőképességének valószínűségi számítása. Konferenciadolgozat, Magyar Kapcsolt Energia Társaság XI. Konferencia, Tapolca, 2008. március 11-13., ([www.mket.hu](http://www.mket.hu))
- [23] **Fazekas, András István:** A kapcsolt energiatermelés értékelése a rendszerirányítás szempontjából. Rendszerszintű tartalékképzés és szabályozás. Konferenciadolgozat, Magyar Kapcsolt Energia Társaság XI. Konferencia, Tapolca, 2008. március 11-13., ([www.mket.hu](http://www.mket.hu))
- [24] **Fazekas, András István:** A kapcsolt energiatermelés értékelése a rendszerirányítás szempontjából. Rendszerszintű tartalékképzés és szabályozás. Előadásábrák, Magyar Kapcsolt Energia Társaság XI. Konferencia, Tapolca, 2008. március 11-13., ([www.mket.hu](http://www.mket.hu))
- [25] **Fazekas, András István – V. Nagy, Éva:** A rendszerszintű terhelés sztochasztikus folyamatként való értelmezése. Elektrotechnika, 2008/5, p.14-16.
- [26] **Fazekas, András István – V. Nagy, Éva:** A rendszerszintű terhelés valószínűségi eloszlásfüggvényének származtatása a terhelési tartamdiagramból. Elektrotechnika, 2008/6, p.10-12.
- [27] **Fazekas, András István:** A LOLP valószínűségi mérték értelmezésével kapcsolatos néhány kérdés. Energiagazdálkodás, 2008/3, p.8-13.

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>B. BEVEZETÉS .....</b>	<b>2</b>
B.1. AZ ÉRTEKEZÉS TÁRGYA, CÉLKITŰZÉSE .....	2
B2 PROBLÉMAFELVETÉS .....	2
B3 A PROBLÉMAFELVETÉS AKTUALITÁSA.....	3
<b>1. A TÉZISEKKEL KAPCSOLATOS SZAKIRODALOM ÉS A JELENLEGI SZÁMÍTÁSI GYAKORLAT ÁTTEKINTÉSE .....</b>	<b>3</b>
1.1. A TÉZISEKKEL KAPCSOLATOS HAZAI SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE .....	3
1.2. A TÉZISEKKEL KAPCSOLATOS KÜLFÖLDI SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE .....	4
<b>2. 1. TÉZIS .....</b>	<b>4</b>
2.1 A LOLP VALÓSZÍNŰSÉGI MÉRTÉK DEFINÍCIÓJA.....	4
2.2 1. TÉZISBEN FOGLALT ÁLLÍTÁS .....	5
2.3. AZ 1. TÉZISBEN FOGLALTAK RÖVID KIFEJTÉSE.....	6
2.4 AZ 1. TÉZISSEL KAPCSOLATOS SAJÁT PUBLIKÁCIÓK.....	7
<b>3. A 2. TÉZIS .....</b>	<b>7</b>
3.1. A 2. TÉZISBEN FOGLALT ÁLLÍTÁS.....	7
3.2 A 2. TÉZISBEN FOGLALTAK RÖVID KIFEJTÉSE.....	8
3.3 A 2. TÉZISSEL KAPCSOLATOS SAJÁT PUBLIKÁCIÓK .....	9
<b>4. 3. TÉZIS .....</b>	<b>9</b>
4.1 A TÉZISBEN FOGLALT ÁLLÍTÁ .....	9
4.2 A 3. TÉZISBEN FOGLALTAK RÖVID KIFEJTÉSE.....	9
4.3 A 3. TÉZISSEL KAPCSOLATOS SAJÁT PUBLIKÁCIÓ.....	10
<b>5. A 4. TÉZIS .....</b>	<b>10</b>
5.1 A 4. TÉZISBEN FOGLALT ÁLLÍTÁS.....	10
5.2. A 4. TÉZISBEN FOGLALTAK RÖVID KIFEJTÉSE.....	10
5.3 A 4. TÉZISSEL KAPCSOLATOS SAJÁT PUBLIKÁCIÓK .....	11
<b>6. 5. TÉZIS .....</b>	<b>11</b>
6.1. AZ 5. TÉZISBEN FOGLALT ÁLLÍTÁS.....	11
6.2 AZ 5. TÉZISSEL KAPCSOLATOS SAJÁT PUBLIKÁCIÓK.....	12
<b>OF AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE.....</b>	<b>12</b>
<b>HIVATKOZOTT SZAKIRODALOM.....</b>	<b>12</b>
<b>TARTALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>14</b>