

**ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK  
TRANSZFORMÁTORAINAK ÚJSZERŰ  
NAGYFREKVENCIÁS MODELLJE**

**PhD tézisek**

**Tézisfüzet**

**Elmer György**

**Témavezető: Dr. Horváth Tibor, DSc, professzor**

**Budapest, 2006**



## 1. BEVEZETÉS

A transzformátorokat és azok tekercseit érő túlfeszültségek hatásait több mint egy évszázada kutatják. A tranziens túlfeszültségek különböző jellemzőkkel rendelkeznek, mint például a homlokidő, a csúcsérték, a spektrum, energia, töltés, stb., amelyek eltérő hatásokat eredményeznek a transzformátorban az őket létrehozó hatástól függően: LEMP (Lightning Electromagnetic Pulse - elektromágneses villámimpulzus), SEMP (Switching Electromagnetic Pulse, kapcsolási lökőhullám) gyors villamos tranziensek (burst) és elektrosztatikus kisülések (ESD).

A villamos elosztóhálózatokon egyre nagyobb mértékben jelen lévő elektromágneses zajok és az érzékeny elektronikai eszközökbe beépített kapcsoló üzemű tápegységek egyre nagyobb kapcsolási frekvenciája a transzformátorok - a nagy- és kisteljesítményűekét egyaránt - pontosabb modellezését követelik meg, amely az elektromágneses hullámoknak a tekercsek mentén való terjedését is figyelembe veszi. A tekercsek közé beépített árnyékolások egyszerű, de megbízható modelljére is szükség van a túlfeszültségek és az árnyékolás kölcsönhatásának modellezéséhez.

A villamos gyártmányok tervezése és gyártása, valamint felhasználása során SPICE alapú áramköri szimulációs szoftverek több fajtája van használatban. Ezen szimulációs munkának egyik fontos célja az áramkörök viselkedésének előrejelzése túlfeszültségek esetén. A készülékek, áramkörök egyre kisebbekké válnak és emiatt egyre érzékenyebben a zavarokkal szemben és olyan nagyfrekvenciás összetevőkkel rendelkező túlfeszültségekkel szembeni viselkedést is szimulálni kell, mint a gyors villamos tranziensek és az elektrosztatikus kisülések. Az elektronikus készülékekbe beépített transzformátorok esetén az ilyen kis töltésű és energiájú zavarok is károkat okozhatnak.

A gyors villamos tranziensek és elektrosztatikus kisülések viszonylag kis töltését a nagyfeszültségű, nagyteljesítményű transzformátorok kapacitásai elnyelik, a kisteljesítményűeké azonban nem. Néhány nanoszekundumos homlokidejűvel a kisteljesítményű transzformátorokban is károkat okozhatnak. Ezen kívül a tápegységek kapcsolási frekvenciája a MHz tartomány közelébe került, így az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vétele nem hanyagolható el tovább. A transzformátorok pontosabb nagyfrekvenciás modellezéséhez megbízható modellre van szükség. Az ismert modellek nem veszik figyelembe az elektromágneses hullámok terjedésének minden aspektusát még a nagyteljesítményű transzformátorok tekercsei mentén sem. A szomszédos

menetek által alkotott, nagyfeszültségen nem elhanyagolható menetkapacitások áramújtját a modellek csak egymással sorba kapcsolt kondenzátorokkal modellezik hosszirányban és sugárirányban egyaránt. Ezen modelleken a feszültség bekapcsolásakor azonnal megjelenik bizonyos feszültségérték a kapacitáslánc, vagyis a tekercs minden pontján.

A transzformátorok tekercsei közé beépített árnyékolás feladata a túlfeszültségek által az egyik tekercshez szállított töltések levezetése a föld felé megakadályozva így a túlfeszültség megjelenését a másik tekercsen. Nagyfrekvenciás összetevőkkel rendelkező túlfeszültségek esetén azonban az árnyékolás nem hatásos. A tekercselt és hengeres felépítésű árnyékolások rendelkeznek több-kevesebb soros induktivitással, amely megakadályozza, hogy a töltések időben elérjék az árnyékolást, csökkentve így az árnyékolás hatásosságát. Nagyfrekvenciás összetevőjű túlfeszültségek esetén nem is építenek be árnyékolást a tekercsek közé.

Pontosabb szimulációs modell rendelkezésre állása segítene annak eldöntésében, hogy érdemes-e árnyékolást beépíteni, illetve annak típusát. Az ismert modellek nem veszik figyelembe az árnyékolás kapacitásának és soros induktivitásának megoszlását a transzformátoron belül, illetve azon kívül.

## **A kutatás célja**

Az ismert nagyfrekvenciás transzformátor-modellek nem alkalmasak az elektromágneses hullámok tekercsek mentén történő terjedésének minden aspektusának szimulálására sem hosszirányban, sem sugárirányban. Ezen kívül nincs olyan ismert árnyékolásmodell, amely figyelembe venné az árnyékolás kapacitásának és soros induktivitásának megoszlását a transzformátoron belül, illetve azon kívül. A transzformátorok ismert nagyfrekvenciás modelljeinek fenti hiányosságainak fényében a jelen dolgozat célkitűzései a következők.

(i) Újszerű, nagyfrekvenciás modell kifejlesztése egyrétegű, egyenes tekercsek számára.

Egyrétegű, egyenes tekercsek nagyfrekvenciás modellezésének elkerülhetetlen szempontja a menetek közötti, valamint a menetek és a vasmag, illetve a ház közötti kapacitások figyelembe vétele. Több olyan nagyfrekvenciás tekercsmodell létezik, amelyek alkalmasak a modellezésre bizonyos esetekben és nem mondanak ellent egymásnak a transzformátor alapfunkcióját tekintve. Egyes modellek koncentrált paraméterűek, a paraméterek mérésel történő meghatározásával, mások kvázi elosztott paraméterűek, míg léteznek elosztott

paraméterű modellek is, amelyek bizonyos mértékig figyelembe veszik az elektromágneses hullámok terjedését.

Egyik ismert modell sem alkalmas az elektromágneses hullámoknak a menetkapacitások által alkotott áramút mentén történő terjedésének figyelembe vételére, mert ezt az áramutat egymással közvetlenül sorba kapcsolt kondenzátorokkal modellezik a hagyományos Wagner modellnek megfelelően. Ezen modellekben a feszültségnek a tekercs egyik végére történő bekapcsolása pillanatában azonnal megjelenik bizonyos feszültségérték a tekercs teljes hossza mentén.

Az elektromágneses hullámok terjedésének pontosabb modellezéséhez egyenes tekercsek mentén egy hosszegységre jutó induktivitás sorba kapcsolását javaslom a hosszegységre jutó menetkapacitással a Wagner által javasolt elosztott paraméterű modellben. Ez az induktivitás lehetővé teszi a modell számára a menetkapacitások mentén is a hullámterjedés figyelembe vételét.

SPICE szoftverekben való egyszerűbb használatra kvázi elosztott paraméterű modellt is kifejleszttek a paraméterek számítási módszerének megadásával. Ez a modell bizonyos számú, egyforma, koncentrált paraméterű tagot tartalmaz, így modellezve a hullámterjedést, miközben alkalmas marad az egyszerű, gyakorlati felhasználásra.

A modell tesztelésének céljára méréseket végzek egy két méter hosszú, a lakkszigeteléssel együtt 1 mm átmérőjű, műanyag védőcsőre szorosan egymás mellé tekercselt menetekből álló, rézvezetőjű tekercsen. A vasmagos és vasmag nélküli tekercsen impulzusgenerátorok és oszcilloszkóp segítségével zajlanak a mérések a szimulációs szoftverrel kapott eredményekkel való összehasonlítás céljára.

(ii) Újszerű, nagyfrekvenciás modell kifejlesztése többretegű, egyenes tekercsek és egymásra helyezett tekercsek számára.

Az ismert nagyfrekvenciás tekercs- és transzformátormodellek csupán egymással közvetlenül sorba kapcsolt kondenzátorokat tartalmaznak az egyes rétegek, illetve tekercsek között, így nem képesek modellezni az elektromágneses hullámok terjedését a rétegek között. Ezekben a modellekben a feszültség bekapcsolásának pillanatában azonnal megjelenik bizonyos feszültségérték a tekercs minden pontján, azaz a tekercs teljes sugárirányú kiterjedésében is.

Az elektromágneses hullámok sugárirányú terjedésének pontosabb modellezése céljából a tekercsek, illetve transzformátorok- azaz egymáson levő tekercsek - mentén egy hosszegységre jutó induktivitás sorba kapcsolását javaslom a hosszegységre jutó réteggapacitással a transzformátor elosztott paraméterű modelljében. Ez az induktivitás lehetővé teszi a modell számára a réteggapacitások mentén is a hullámterjedés figyelembe vételét.

SPICE szoftverekben való egyszerűbb használatra kvázi elosztott paraméterű modellt is kifejleszttek a paraméterek számítási módszerének megadásával. Ez a modell bizonyos számú, egyforma, koncentrált paraméterű tagot tartalmaz, így modellezve a hullámterjedést, miközben alkalmas marad az egyszerű, gyakorlati felhasználásra.

A modell megbízhatóságának vizsgálatára méréseket végzek két méter hosszú, a lakkszigeteléssel együtt 1 mm átmérőjű, műanyag védőcsövekre szorosan egymás mellé tekercselt menetekből álló, rézvezetőjű tekercseken. A vasmagos és vasmag nélküli tekercseken impulzusgenerátorok és oszcilloszkóp segítségével zajlanak a mérések a szimulációs szoftverrel kapott eredményekkel való összehasonlítás céljára.

(iii) Újszerű, nagyfrekvenciás modell kifejlesztése a transzformátortekercsek közé beépített árnyékolás számára.

Az egyre kisebb méretű tápegység-transzformátorok primer tekercsei nem képesek már elnyelni a viszonylag kis töltéseket szállító, de igen rövid homlokidővel rendelkező tranzienstúlfeszültségeket, mint például a gyors villamos tranziensek és elektrosztatikus kisülések energiáját, ezért veszélyes feszültségek juthatnak át az érzékeny elektronikus áramkörök oldalára. A tekercsek közé beépített árnyékolás feladata ennek megakadályozása. Az árnyékolás rendelkezik azonban soros induktivitással a föld felé, amely az árnyékoló hatáshoz szükséges töltéseket szolgáltatja, és gyors túlfeszültségek esetén az árnyékolás nem hatásos már.

Pontosabb, de viszonylag egyszerű szimulációs modell rendelkezésre állása segítene annak eldöntésében, hogy érdemes-e árnyékolást beépíteni, illetve, hogy milyen típusút. Az ismert modellek nem veszik figyelembe az árnyékolás kapacitásának és soros induktivitásának megoszlását a transzformátoron belül, illetve azon kívül. Új, nagyfrekvenciás árnyékolásmodellt javaslom SPICE szoftverekben történő alkalmazásra transzformátor-árnyékolások számára, amely figyelembe veszi az árnyékolás minden kapcsolódási szempontját a környezetéhez.

A modell érvényességének ellenőrzéséhez méréseket végzek egy PC tápegységbe beépített transzformátor, valamint jelgenerátorok és oszcilloszkóp segítségével. Induktivitás és kapacitás beiktatását javaslom az árnyékolás és a tápegység-ház, valamint az és a földelés közé, a mérésekhez hasonló eredményt szolgáltatva.

A kutatás a szokásos felépítésű tekercsekre és azoknak a feszültség rákapcsolását követő rövid időtartamon belüli viselkedésének vizsgálatára korlátozódik, ezért a vasveszteség nem került figyelembe vételre a modellalkotáskor. A javasolt modellek nem vonatkoznak nagyfeszültségű és különleges felépítésű transzformátorokra.

## 2. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

### Wagner modellje

Új, nagyfrekvenciás, elosztott paraméterű modellt fejlesztettek ki, amely alkalmas az elektromágneses hullámok terjedésének modellezésére a menetkapacitások által alkotott ág mentén, továbbá egy koncentrált paraméterű modellt fejlesztettek ki áramköri szimulációs szoftverekben való felhasználásra induktivitás sorba kapcsolásával a menetkapacitásokkal.

A javasolt elosztott paraméterű modell Wagner modelljén alapul, annak továbbfejlesztése. Wagner modellje egyenes, egyrétegű, ideális tekercsek modellezésére alkalmas a távíró egyenletekre alapozva. Wagner modellje figyelembe veszi a tekercs menetei közötti kapacitásokat, ami sok, gyakorlati esetben hasznosíthatóvá teszi a modellt. Nem alkalmas azonban a modell a menetkapacitások által alkotott áramút mentén az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételére, mert a kondenzátorok közvetlenül sorba kapcsolódnak egymással. A feszültségnek a tekercs egyik végére történő rákapcsolásakor a kapacitáslánc minden pontján késleltetés nélkül megjelenik a feszültség. A valóságban ez nem lehetséges, a feszültség hullámnak időre van szüksége, hogy elérjen a tekercs egyik végétől a másikig.

### Menetredukció

Az elosztott paraméterű modell kiváló eredményt szolgáltat gyors tranziensek esetén, de nem valósítható meg SPICE szoftverekben. SPICE szoftverben történő modellezéskor a legpontosabb eredmények akkor lennének elérhetőek, ha a modell a tekercs minden menetére tartalmazna egy koncentrált paraméterű

tagot. Nagyfeszültségű transzformátorok esetén ez megvalósítható, számítógép gyorsan kiszámítaná a keresett értékeket. Kistranszformátorokban azonban a több ezer, esetleg tízezer menetre ez nem ésszerű a gyakorlatban.

A megoldást a menetredukció szolgáltatja, amelyet nagyfeszültségű transzformátorokban is alkalmaznak és több szomszédos menet egy modellmenetbe való egyesítését jelenti. A menetredukció elve azt jelenti, hogy megfelelő, minimális számú tagot alkalmazunk, megtartva közben a több, egyforma tagból álló, kvázi elosztott paraméterű modell előnyeit.

### **A soros Foster áramkör**

Az áramköri elemek jellemző értékei a frekvencia változásával együtt változnak, ezért az ellenállások esetén a soros Foster áramkört alkalmaztam. A Foster áramkör alapelve az, hogy egy ellenállás modelljében több, ideális ellenállást kapcsolnak induktivitásokkal párhuzamosan, illetve ezeket a párhuzamos tagokat egymással sorba. Az egyenáramú ellenállással sorba kapcsolt, többi tagot kis frekvencián a közel rövidzárat képező induktivitások söntölik, míg a frekvencia növekedésével egyre több induktivitás reaktanciája nő meg olyan mértékben, hogy a vele párhuzamos ellenállás hatásossá válik.

A tranziens feszültség legnagyobb frekvenciaösszetevője meghatározható úgy, hogy az első csúcserték eléréséig tartó időt negyed periódusnak tekintjük. A minimális szkinmélység ezután ebből a frekvenciából számítható. A további ellenállásokkal párhuzamos induktivitások feladata az ellenállás rövidre zárása kis frekvenciákon, továbbá, hogy nagy impedanciát képviseljenek megfelelően nagy frekvencián. Az induktivitás értékét úgy kell megválasztani, hogy az elhanyagolható legyen az áramkör többi soros induktivitásához képest, azaz kb. két nagyságrenddel legyen azoknál kisebb.

### **Időkésleltetések modellezése**

Elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételekor elengedhetetlen az egymást követő menetekben indukálódó feszültség időkésleltetésének modellezése. Időkésleltetés többféleképpen modellezhető áramköri szimulációs szoftverekben, például ideális átviteli vonallal (transmission line), veszteséges átviteli vonallal (lossy transmission line), kapukkal és mindenátersztő szűrőkkel.

A SPICE szoftverekben az egyetlen valódi elosztott paraméterű elem a veszteséges átviteli vonal. A kísérletek során az egyszerűsége és kevesebb



számú adata miatt az ideális átviteli vonal mellett döntöttem időkésleltetés céljára. Az ideális átviteli vonal csupán időkésleltetésre szolgál a modellben, a tekercs veszteségi elemei külön tagokban szerepelnek.

Veszteséges átviteli vonal csak teljes mértékben elosztott paraméterű modellben lenne használható, mert csak átviteli vonal modellezésére alkalmas. Tekercs modellezésekor csak az időkésleltetés modellezésére van szükség a több, egyforma tagból álló kvázi elosztott paraméterű modellben az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételéhez.

### 3. TÉZISEK

#### 1. tézis

*Újszerű, nagyfrekvenciás, elosztott paraméterű és koncentrált paraméterű modellt fejlesztettem ki egyrétegű, egyenes tekercsek számára. Az új modellek képesek az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételére a menetkapacitások által alkotott áramút mentén is a menetkapacitással általam sorba kapcsolt induktivitásnak köszönhetően. A korábbi modellek erre nem voltak képesek, mert ezt az áramutat csak egymással közvetlenül sorba kapcsolt kondenzátorokkal veszik figyelembe, [1], [2], [3], [4].*

- a) Újszerű, nagyfrekvenciás, elosztott paraméterű modellt javaslok Wagner modellje alapján egyrétegű, egyenes tekercsek számára hosszegységre jutó induktivitás sorba kapcsolásával a hosszegységre jutó, inverz menetkapacitással. Ez az elosztott paraméterű modell képes az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételére a menetkapacitások által alkotott áramút mentén. A korábbi modellek erre nem voltak képesek, mert ezt az áramutat csak egymással közvetlenül sorba kapcsolt kondenzátorokkal veszik figyelembe, amelyeken a feszültség bekapcsolásakor késleltetés nélkül megjelenik valamilyen feszültségérték a tekercs teljesen hossza mentén. A javasolt induktivitás számítása az egyrétegű tekercs, mint koaxiális kábel induktivitásának számításán alapszik.
- b) Újszerű, nagyfrekvenciás, koncentrált paraméterű modellt javaslok egyrétegű, egyenes tekercsek számára áramköri szimulációs szoftverekben történő alkalmazásra induktivitás sorba kapcsolásával a menetkapacitással. Megfelelő számú, azonos, javasolt, koncentrált paraméterű tag alkalmazásával a modell képes az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételére a menetkapacitások által alkotott áramút mentén.

## 2. tézis

*Újszerű, nagyfrekvenciás, elosztott paraméterű és koncentrált paraméterű modellt fejlesztettem ki többrétegű tekercsek és egymáson elhelyezkedő tekercsek, vagyis elektronikus berendezésekbe beépített transzformátorok számára. Az új modellek képesek az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételére a rétegek kapacitások által alkotott áramút mentén, azaz a tekercs sugáriránya mentén a rétegek kapacitással általam sorba kapcsolt induktivitásnak köszönhetően. A korábbi modellek erre nem voltak képesek, mert ezt az áramutat csak egymással közvetlenül sorba kapcsolt kondenzátorokkal veszik figyelembe, [5].*

- a) Újszerű, nagyfrekvenciás, elosztott paraméterű modellt javaslok többrétegű, tekercsek és egymáson elhelyezkedő tekercsek, azaz elektronikus berendezésekbe beépített transzformátorok számára hosszegységre jutó induktivitás sorba kapcsolásával a hosszegységre jutó, inverz rétegek kapacitással. Ez az elosztott paraméterű modell képes az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételére a rétegek kapacitások által alkotott áramút mentén. A korábbi modellek erre nem voltak képesek, mert ezt az áramutat csak egymással közvetlenül sorba kapcsolt kondenzátorokkal veszik figyelembe, amelyeken a feszültség bekapcsolásakor késleltetés nélkül megjelenik valamilyen feszültségérték a tekercs teljes vastagsága mentén. A javasolt induktivitás számítása az egymáson elhelyezkedő rétegek, mint koaxiális kábel induktivitásának számításán alapszik.
- b) Újszerű, nagyfrekvenciás, koncentrált paraméterű modellt javaslok többrétegű, tekercsek és egymáson elhelyezkedő tekercsek, azaz elektronikus berendezésekbe beépített transzformátorok számára áramköri szimulációs szoftverekben történő alkalmazásra induktivitás sorba kapcsolásával a rétegek kapacitással. Megfelelő számú, azonos, javasolt, koncentrált paraméterű tag alkalmazásával a modell képes az elektromágneses hullámok terjedésének figyelembe vételére a rétegek kapacitások által alkotott áramút mentén.

A javasolt modell elektronikus berendezésekbe beépített, hagyományos felépítésű transzformátorokra vonatkozik, amelyek több egymás mellé szorosan tekercselt menetet és réteget tartalmaznak.

### 3. tézis

*Újszerű, nagyfrekvenciás modellt fejlesztettem ki elektronikus berendezésekbe beépített transzformátorok tekercsei - a primer és szekunder tekercs - közé beépített árnyékolások számára. Ez a modell képes az árnyékolási hatásfoknak a transzformátor külső és belső jellemzőitől való függésének figyelembe vételére. A korábbi modellek erre nem voltak képesek, mert az árnyékolás és a földelés között csak egyetlen induktivitást vettek figyelembe.*

Újszerű, nagyfrekvenciás, koncentrált paraméterű modellt javaslok az elektronikus berendezésekbe beépített transzformátorok tekercsei közé beépített árnyékolás számára az árnyékolás és a földelés közötti induktivitás és kapacitás két részre bontásával a transzformátoron, illetve transzformátorházon belüli és azon kívüli környezetben. A korábbi modellektől eltérően ez a modell alkalmas az árnyékolás hatásfokának a transzformátor külső és belső jellemzőitől való függésének megállapítására.

A belső induktivitás és kapacitás a transzformátor belsejének méretei és anyagai alapján számítható a transzformátor csatlakozási pontjáig. A külső induktivitás a transzformátort tápláló kábel és az elhelyezésül szolgáló helyiség, illetve az épület földelő áramköre alapján számítható. A külső kapacitás a transzformátor primer tekercse, illetve a háza és a környező vezető testek alapján számítható.

### 4. TOVÁBBI KUTATÁS

A tekercseken végzett mérések több jelgenerátorral és oszcilloszkóppal megismételve robusztus eredményeket szolgáltatottak. A javasolt kvázi elosztott paraméterű modellekkel végzett mérések a vizsgált időtartományban a mérttől kissé eltérő feszültség-görbealakot szolgáltatottak, mert a modell érzékeny a paraméterek pontos megadására. További kutatásokra van szükség a modell pontosítása érdekében.

Az árnyékolás modelljének szimulációjakor kapott eredmény jóval egyszerűbb a mértnél a modell egyszerűsége miatt. Az átviteli függvényen kapott második csúcstérték a mérésnél a szimuláltnál sokkal enyhébbre és simábbra adódott és a görbén mért kezdeti, kisebb helyi csúcsokat a modell nem adja vissza. A további kutatásoknak ezeket az eltéréseket kell kiküszöbölnie például a modell és a Karlsruhei Egyetemen kapott eredmények kombinálásával.

## 5. PUBLIKÁCIÓK

- [1] G. Elmer, High Frequency Modelling of One-layer Straight Coils, *Przeglad Elektrotechniczny*, vol. 81 No. 5/2005, (PL ISSN 0033-2097), 2005, pp. 91-96.
- [2] Gy. Elmer, Elektromágneses hullámok terjedése egyrétegű tekercsek mentén, *Elektrotechnika* (HU ISSN 0367-0708) 98. évf. 5. szám, 2005, pp. 134-137.
- [3] G. Elmer, Ersatzschaltung von Kleintransformatoren, *XVI. Internationale Konferenz „Science in Practice”*, Budapest 2000, pp. 34 - 53.
- [4] G. Elmer, Duale Wellenimpedanz einlagiger Spulen, *20<sup>th</sup> Joint Scientific Conference - Science for Practice*, Osijek - Croatia (ISBN 953-6032-46-5 101204046), 2003, pp. 33-39.
- [5] G. Elmer, High Frequency Modelling of Multi-layer Straight Coils and Transformers, *Przeglad Elektrotechniczny*, vol. 81 No. 7-8/2005, (PL ISSN 0033-2097), 2005, pp. 80-85.
- [6] G. Elmer, Advances in High Frequency Modelling of Transformer Shielding, *XXII. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium “Science in Practice”*, Schweinfurt, 2005, pp. 87 - 96.
- [7] G. Elmer, High Frequency Modelling of Transformer Shielding, *ISEF 2005 – XII International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering*, Baiona, Spain, 2005, ISEF’2005-CFSA-2.8, ISBN 84-609-7057-4 (6-Pages).