

Atomerőmű intelligens hálózatban

Reisch Frigyes,

Stockholm, KTH - Királyi Műszaki Egyetem, Atomenergia Biztonság
(KTH Royal Institute of Technology, Nuclear Power Safety)

Európai Unió, Vezetőségi Bizottság, Intelligens Hálózatok és Intelligens Mérőkészülékek Munkacsoport, a fogyasztók képviselője (ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/taskforce_en.htm)

Egy háromfázisú rendszerben, ha két fázis között, illetve egy vagy két fázis és a föld között rövidzárlat történik, három különböző típusú áram alakul ki: pozitív, negatív és zérus sorrendű. Ezeket az áramokat kihasználva az alacsonyabb prioritású fogyasztókat le lehet kapcsolni a hálózatról. Általában az atomerőmű az összes fogyasztónak szállít, de a tárgyalt esetben csupán az elsődleges prioritású fogyasztókat táplálja, bár néhány periódusban csökkentett amplitúdóval.

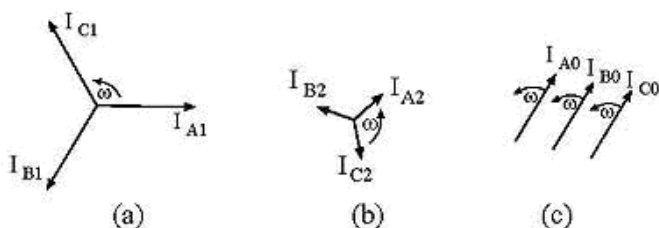
Az atomerőmű egy intelligens hálózatban biztosítja a villamos energiát a magas prioritású fogyasztóknak szigetüzemben, szimmetrikus összetevők használatával. A cikkben egy példa kerül bemutatásra szigetüzemre egy atomerőművel és magas prioritású fogyasztókkal, amelyek egy intelligens hálózatba vannak bekapcsolva.

Az intelligens hálózat aktuális kifejezés a mai világban. A tanulmány egyik célja, hogy megmutassa, hogy az atomenergia jól illeszkedik ebbe a rendszerbe. Másik célja pedig az, hogy bemutassa, akár egyetemi hallgatók is tudnak programokat fejleszteni, nem csak olyan kész programokat használni, amelyeket sokan mások fejlesztettek ki hosszú évek során.

Az intelligens hálózatok aktualitásának egyik jellemzője, hogy csak ezen az őszön Európában; Bécsben, Göteborgban, Amszterdamban és Brüsszelben is tartanak konferenciákat a témáról. Természetesen Amerikában és Ázsiában is rendeznek konferenciákat erről a témáról. Az elektronika és villamos készülék gyártók nagy üzleti lehetőségeket látnak ebben. Az Európai Bizottság munkacsoportjaiban több mint száz szakértő vesz részt; akik gyártókat, villamos vállalatokat és egyetemeket képviselnek.

Szimmetrikus összetevők

Egy háromfázisú rendszerben, ha két fázis között, illetve egy vagy két fázis és a föld között rövidzárlat történik, az néha nem állandó, hanem szaggatott. Ezért az áramkör megszakítása nem azonnal történik a túl nagy áram, vagy túlságosan kis impedancia miatt. Az ilyen típusú rövidzárlatnál a szimmetrikus összetevők elmélete szerint azonnal három különböző típusú áram áll fel, nevezetesen: pozitív, negatív és zérus sorrendű (1. ábra).

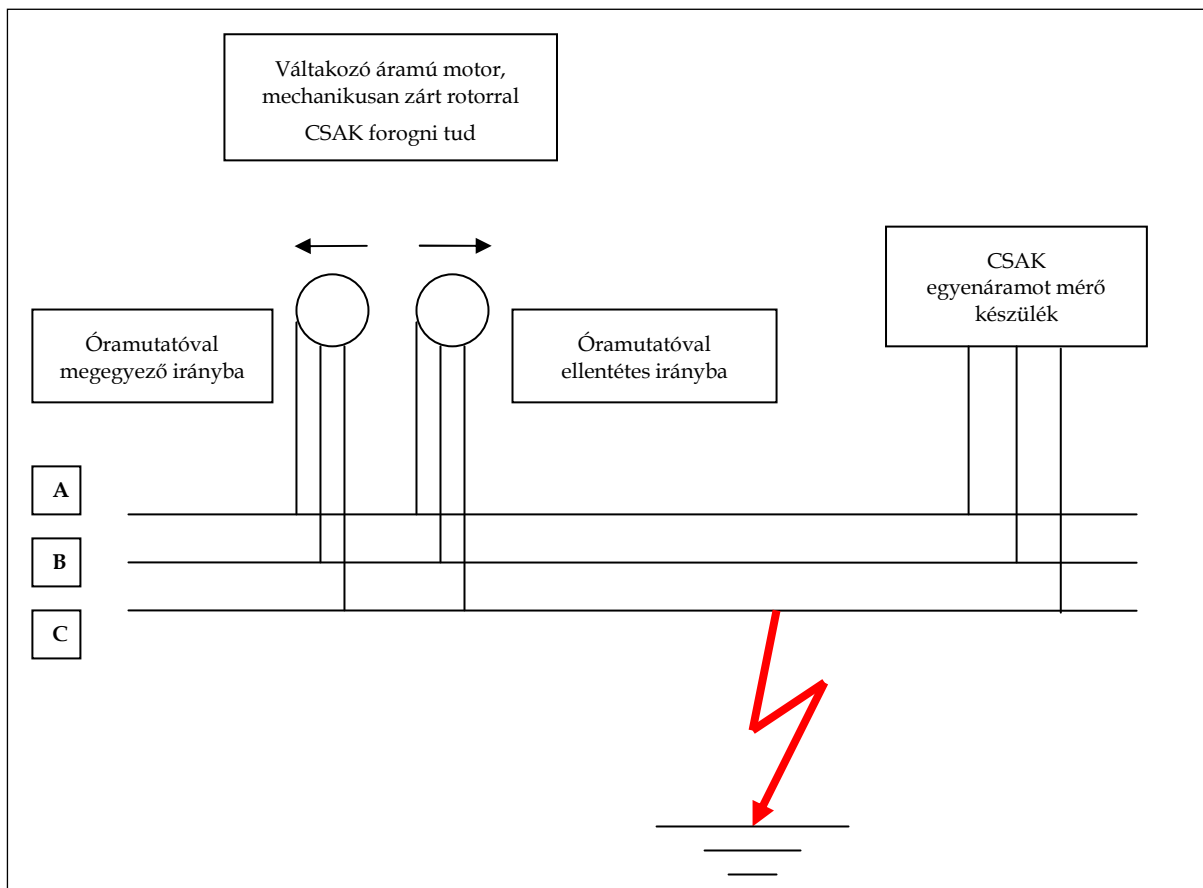


1. ábra: Szimmetrikus összetevők: a) pozitív, (b) negatív és (c) zérus sorrendű összetevők

A szimmetrikus összetevők elméletének leírása megtalálható a villamosmérnök hallgatók egyetemi tankönyveiben. A 2. ábra illusztrálja az elmélet lehetséges alkalmazását. Természetesen ha ma kerülné alkalmazásra, valószínűleg számítógépes programokat használnának mechanikus készülékek helyett.

Szigetüzem egy intelligens hálózatban

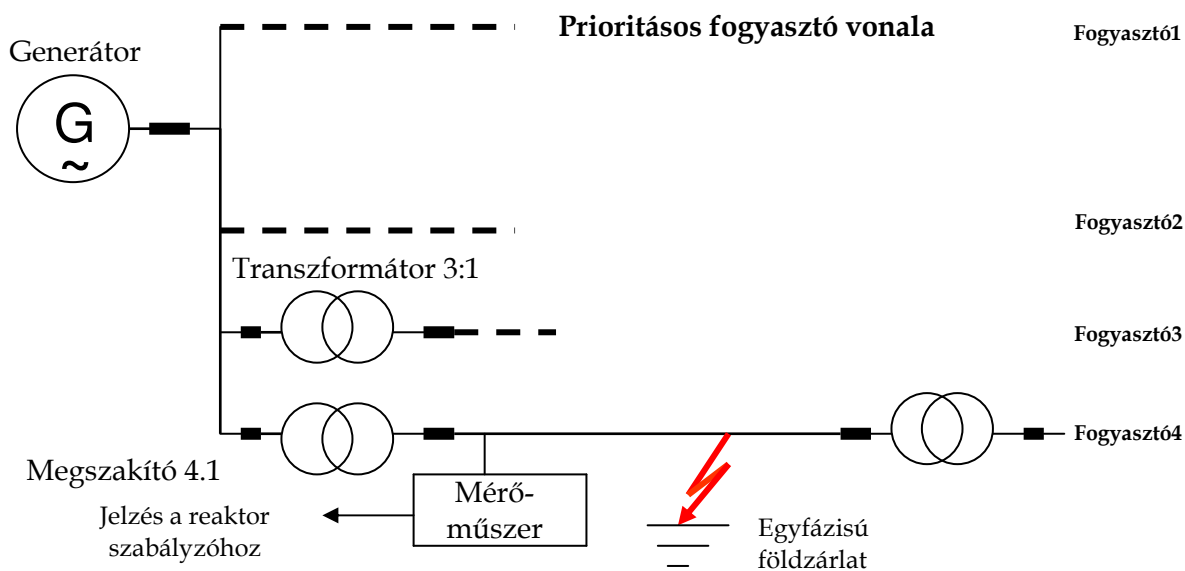
Tegyük fel, hogy egy generátor négy fogyasztót lát el (1 - 4. a kapcsolási rajzon). Az 1. számú fogyasztóé az elsődleges prioritás. A többiek a periferián vannak. Egy rövidzárlatnak egy perifériás fogyasztónál nem szabad veszélyeztetnie az elsődleges fogyasztót. Amint egy rövidzárlat történik az egyik perifériás fogyasztónál, az összes perifériás fogyasztó lekapcsolódik. Az első hibajelző a szimmetrikus összetevőktől jön. Ha egy abnormális állapot keletkezik, negatív sorrendű áramot és/vagy egyenáramot lehet mérni egy, vagy több perifériás fogyasztónál. Ekkor az összes megszakító leold a nem magas prioritású fogyasztóknál, és egy jelzés megy a reaktorhoz, hogy csökkentse a generátorra menő teljesítményét olyan szintre, amely az elsődleges prioritású fogyasztóknak megfelel. (Lásd a 3. ábrát.)



Háromfázisú erőátvitel

2. ábra: Szimmetrikus összetevők előfordulása és mérése

Egyszerűsített kapcsolási rajz



3. ábra: Egyszerűsített egyvonalas kapcsolási rajz: generátor, megszakítók, transzformátorok, mérőműszerek, erőátviteli vonalak, rövidzárlat és fogyasztók

Szigetüzem egy atomreaktorral

Feltételezzük, hogy egy generátort egy atomreaktor táplál. Amint egy negatív sorrendű, vagy egyenáramú jel észlelhető valamelyik kis prioritású fogyasztótól, az összes kis prioritású fogyasztó azonnal le kapcsolásra kerül, és egy jelzés megy a reaktor szabályzó rendszeréhez, hogy a szabályzó rudakat tolja be a zónába, a teljesítményt csökkentse arra a szintre, amely a nagy prioritású fogyasztóknak megfelel. A neutronkinetika befolyásolja a reaktor működését. A reaktivitásbevitel szabályozza a kinetikát. A szabályzó rudakon kívül még más reaktivitásváltozás is történhet: a fűtőanyagból, a moderátorból és a forraló vizes reaktoroknál a gőztartalomtól eredő reaktivitás. A neutronfluxus (reaktorteljesítmény) termikus energiává alakul a reaktorban, forgási energiává a turbinában, végül villamos energiává a generátorban. (Lásd a 4. ábrát.)

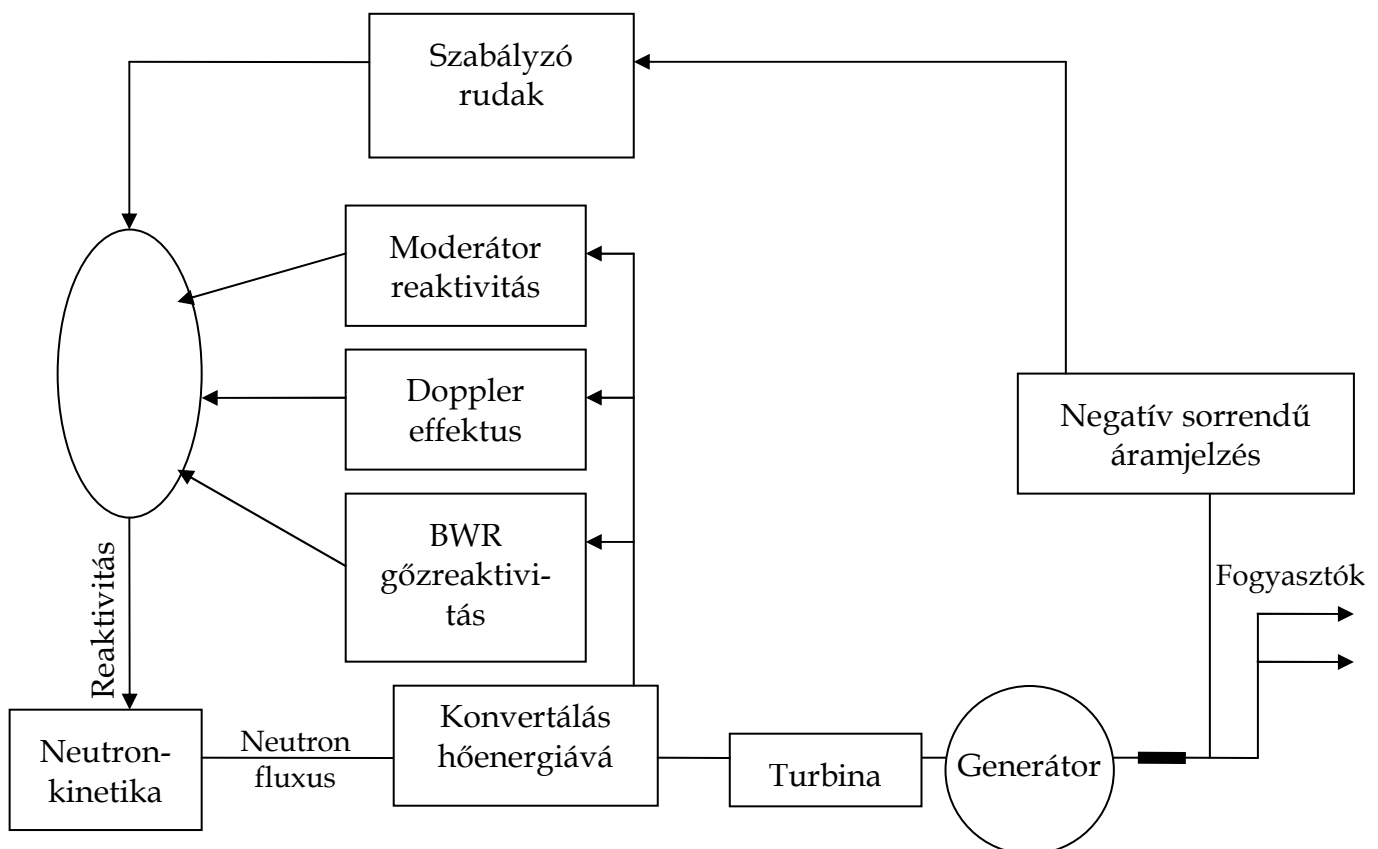
Atomreaktor

A neutronkinetika irányítja a reaktor működését. A reaktorkinetikai egyenletek hat késleltetett neutroncsoporttal, a fűtőelemek és a moderátor termodinamikai egyenletei Laplace-transzformáció formájában egyszerű időképletetessel, majd elsőfokú differenciálegyenletként együttesen kilenc kapcsolt differenciális egyenletként kerülnek megoldásra numerikusan az [1] szerint.

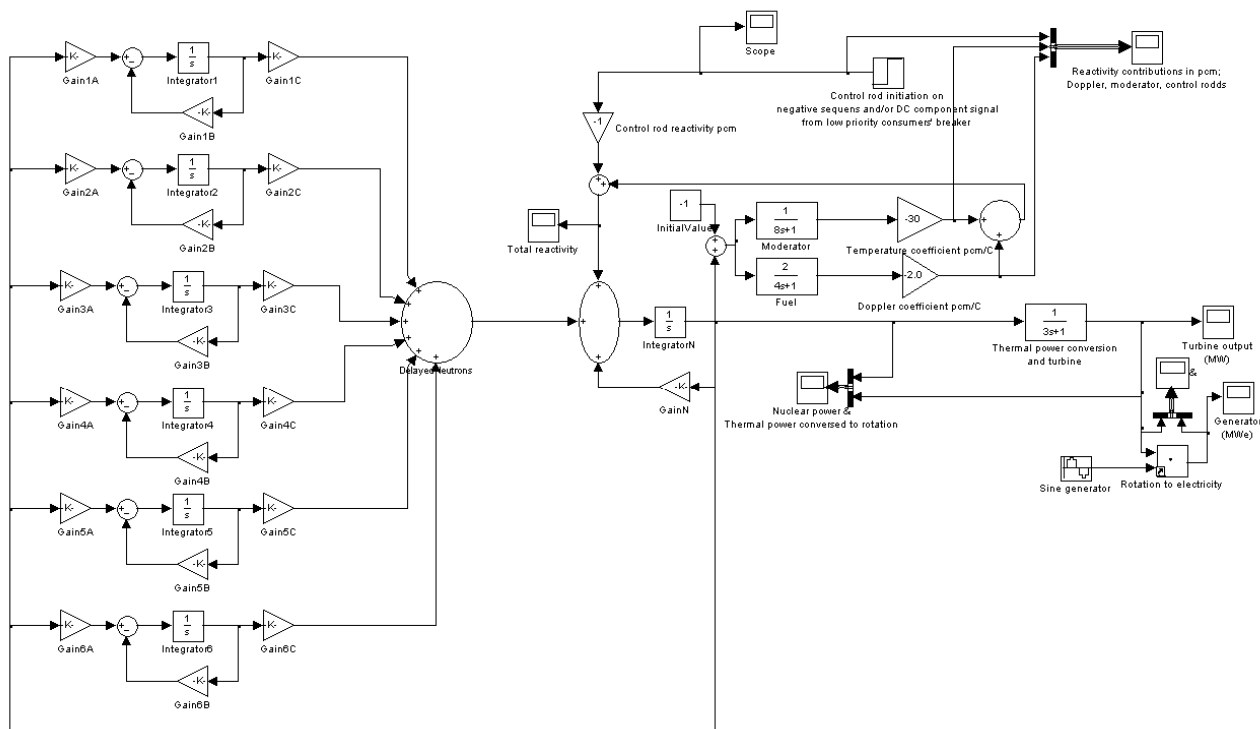
A [2] irodalomban látható egy példa egy modellezésen alapuló szimulációra, ami a Matlab Simulink programját használja.

Ebben a tanulmányban differenciálegyenletek helyett egy Simulink-modell készült egy nyomottvizes reaktorra (PWR) alkalmazva. A szabályzó rudak mozgása mínusz 10 pcm lépésváltozást eredményez, hogy a teljesítmény ~70%-ra csökkenjen, ami megfelel az elsődleges prioritású fogyasztók használatának.

A kapcsolás illusztrációja az 5. ábrán látható.



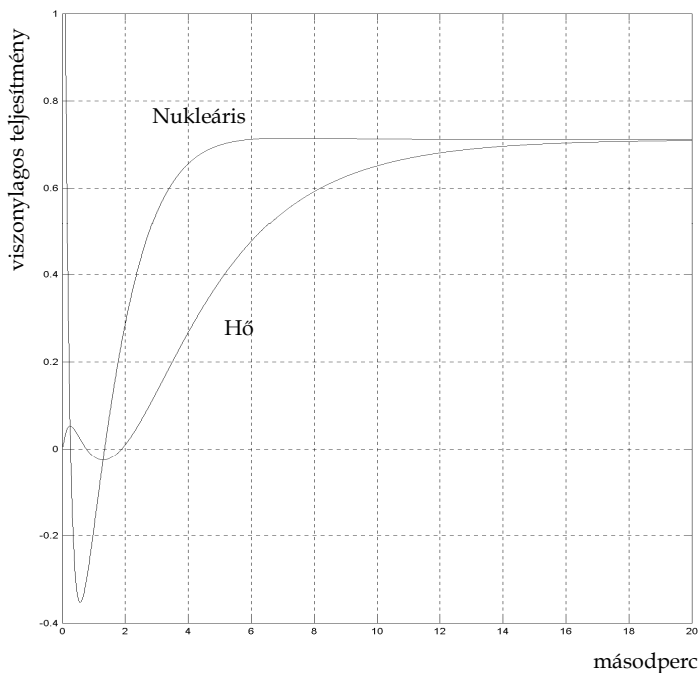
4. ábra: A jelzések folyamata és az energiaátalakítás



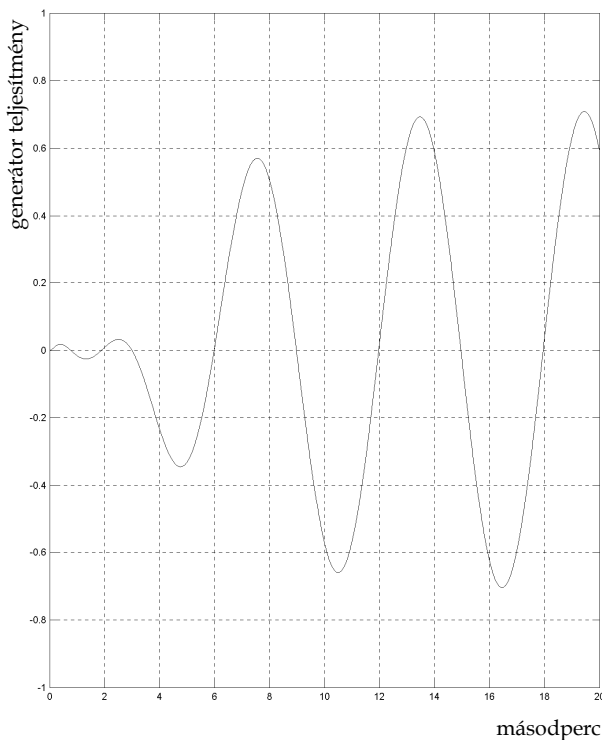
5. ábra: A Simulink-modell

A kezdeti értéke mind a nukleáris, mind a termikus energiának 1. Az időképletetés a hőenergetikai folyamatban, a termikus energia és a villamos energia változása a turbógenerátor tehetetlensége miatt pedig a nukleáris energia változása mögött van. A termikus energia csökkenése sokkal kisebb, mint a nukleárisé. A nukleáris és termikus teljesítmény időbeli lefolyása alább látható (6. ábra).

A generátor teljesítménye gyorsan visszaáll a normálisra, néhány csökkenő amplitúdó után. A generátor teljesítménye látható a 7. ábrán.



6. ábra: Viszonylagos nukleáris és hőteljesítmény



7. ábra: Generátorteljesítmény az idő függvényében

Szigetüzem intelligens hálózatban

Az intelligens - mikro és szigetszerű - hálózatok biztonságáról és megbízhatóságáról a [3] irodalom tartalmaz egy általános tanulmányt.

Összefoglalás

Jelen cikk összefoglalóan bemutatta, hogy egy atomreaktort lehet használni szigetüzemben úgy, hogy egy elsődleges prioritású fogyasztót lásson el. A gyakorlatban a legtöbb reaktort le lehet kapcsolni a hálózatról, és csökkentett teljesítményen csak a háziüzemi fogyasztást fedezi. Amikor

egy hiba történik egy, az atomerőműhöz kapcsolt erőátviteli vezetéken, a túláram- és a kis impedancia védelem megpróbálja néhányszor visszaállítani a kapcsolatot, de a reaktor automatikus védelme nem tudja követni a hirtelen teljesítménynövekedés és -csökkenés követelményét. Az egész folyamat egy hálózati zavarral végződik, és a reaktor leáll. A magas prioritású fogyasztók elvesztik a villamosenergia-ellátásukat, és a reaktort újra kell indítani. Egy újraindítás gyakran sok időbe telik. Jelen tanulmány egy alternatív megoldást mutatott be.

Irodalomjegyzék

- [1] *Calculation of the neutron flux, fuel and moderator temperature transients for Research Reactors*, ENSnews April 2008 F. Reisch, Nuclear Power Safety, KTH, Royal Institute of Technology www.euronuclear.org/e-news/e-news-20/neutron-flux.htm
- [2] *Taming the Chernobyl Avalanche*, ENS NEWS April 2008, Frigyes Reisch, Nuclear Power Safety, KTH, Royal Institute of Technology S-10691 Stockholm - Sweden www.euronuclear.org/e-news/e-news-20/chernobyl-avalanche.htm
- [3] *SAFETY AND RELIABILITY FOR SMART-, MICRO- AND ISLANDED GRIDS* Werner FRIEDL, Lothar FICKERT, Ernst SCHMAUTZER, Clemens OBKIRCHER Institute of Electrical Power Systems, Graz University of Technology - Austria (C I R E D 20th International Conference on Electricity Distribution, Prague, 8-11 June 2009) www.ove.at/akademie/CIRE2009_1061_paper.pdf