

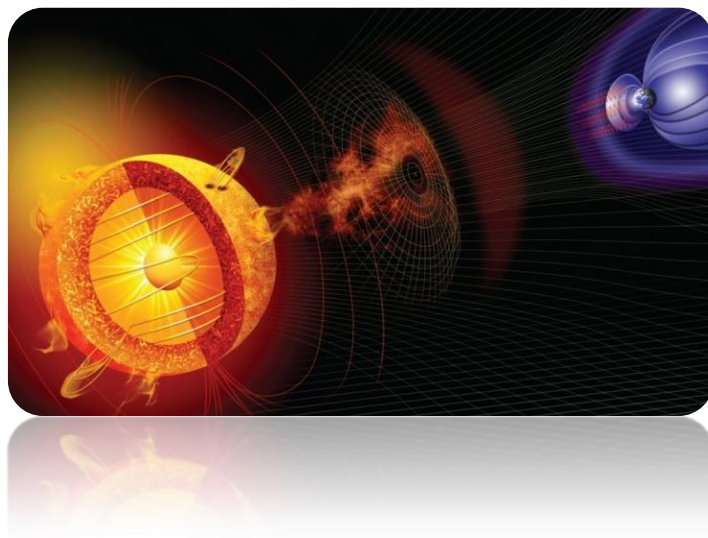
**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ**

**ЕНЕРГО-МАШИНОСТРОИТЕЛЕН ФАКУЛТЕТ**

**Катедра „Топло и ядрена енергетика“**



**ТЕМА: Слънчевите Изригвания и Енергетиката**



**студент:Георги Красимиров Русев**

**специалност:Ядрена Енергетика**

**София  
Януари, 2013 г.**

## 1. Същност

Слънчево изригване - феномен, отличаващ се едновременно със своя неповторим чар, но и с опасностите, които крие. Това са най-мощните експлозии в слънчевата система, носейки енергия еквивалентна на милиарди ядрени бомби. Научно погледнато слънчевите изригвания са пряко следствие на повишената слънчева активност. Потоците от заредени частици, изхвърлени при слънчевите избухвания, имат скорост до 30 000 km/s и само за кратък период от време достигат нашата планета. Те започват да се движат по индукционните линии на магнитното поле на Земята и проникват в нашата атмосфера, в около полярните райони, деформирайки магнитосферата на Земята. При това се предизвикват магнитни бури, които оказват вредни въздействия върху радиовръзката и електрозахранването. Те се съпътстват от студените "пламъци" на полярните сияния.

## 2. Последствия

През 1989 и 2003 г. при последните две слънчеви изригвания, се разиграва сценарий, в следствие на който около 150 млн. души в Съединените щати и Канада остават без ток.

При по-мощни изригвания се увеличават земните гравитационни сили, което може да привлече кръжащите около Земята сателити и да ги принуди да паднат на земната повърхност, което неминуемо ще означава загуба на телефонна и телевизионна комуникация, както и на интернет .

Инцидентите последвали поради слънчеви изригвания не са един или два. През 1859 г. заради магнитна буря излизат от строя телеграфите в САЩ и Европа. През 1921 г. повишената слънчева активност извежда от строя транспортната система на Ню Йорк. През 1972 г. магнитна буря, предизвикана от изригване на Слънцето, изключва телефонните връзки в американския щат Илинойс. През 1989 г. слънчевата атака довежда до нарушение на електроснабдяването в Квебек, оставяйки без отопление и осветление 6 млн. канадци. От 2000 г. на Земята е имало 12 магнитни бури над пето ниво, които са изваждали от строя енергосистеми, причинявали са проблеми на радиовръзките, свързани са били с полярни сияния,

наблюдавани чак до екватора. Последната подобна силна магнитна буря е регистрирана на 11 септември 2005 г.

Определяйки колко енергия се отделя от слънчево изригване, може да се изчисли каква е силата на магнитното поле във вътрешността на короналната маса. Това може да стане с помощта на формула, отнасяща се за размера на магнитната енергия съдържаща се в регион от космоса където присъства магнитно поле :

$$E = \frac{B^2}{2\mu_0 \cdot V}$$

Където : **B** е магнитно поле, **E** е енергията, **V** е обема на короналната маса и  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{kg.m/c}^2$ , което се нарича проницаемост на свободното пространство.

Изследвания показват, че достатъчно силно изригване би могло да наруши работата на 300 ключови трансформатора в рамките на около 90 секунди, прекъсвайки електроенергията на повече от 130 милиона души в САЩ. Слънчевите бури са изблици на енергия и материя, която се е отделила от слънцето и може да се насочи към Земята, където дори и слаби бури могат да повредят сателитите и електрическите мрежи, комуникации, електрозахранване и GPS. Едно силно магнитно изригване може да застраши националната сигурност, транспортни, финансови услуги и други основни функции.

Проблемът започва с електрическата мрежа. За съжаление, тя е особено уязвима към геомагнитни бури. Те могат да предизвикат топене на медните намотки в трансформатори и да са в основата на нарушаване на работата на много електропреносни системи. Електрическите мрежи днес са по-уязвими от всякога. Проблемът е във взаимосвързаността, която прави системата податлива на големи каскадни прекъсвания.

Според John Карпенманн от корпорацията Metatech (който е и съавтор на финансирано от NASA проучване за последиците от подобно силно слънчево изригване), ако се повредят основните трифазни силови трансформатори, които са в основата на преноса на електроенергия, ще са необходими между 4 и 10 години за заместването им с нови.



**Фиг. 1** Слънчево изригване в момента на взаимодействие с електропреносната система, причинявайки тежки повреди

Какво всъщност става с трансформаторите? Слънчевият вятър се състои предимно от високоенергийни електрони и протони (над 1 keV), които са способни да преодолеят звездното гравитационно поле отчасти поради високата температура на звездната корона и по този начин да наберат висока енергия чрез процес, който е сравнително неизяснен до момента. Осъществявайки контакт със земната повърхност тези частици образуват повърхностни заряди в трансформаторите. Поради засилването на магнитното поле в трансформаторите се индуцира и по-голям от допустимия ток и напрежение. Лакът, който служи за изолация между навивките в намотките на трансформатора, изгаря и между навивките протича ток на късо съединение. Големите електродинамични сили водят до деформация и скъсване. Разтопените и изгорели трансформатори не могат да се поправят, а само могат да се заменят. Дори да има няколко резервни трансформатора наоколо, инсталирането на нов отнема на добре обучен екип седмица или повече. В рамките на един месец, максимум, резервните трансформатори (ако въобще ги има) ще бъдат изчерпани. Останалите ще трябва да бъдат построени по поръчка, нещо, което може да отнеме до 12 месеца! Почти всички тръбопроводи за природен газ и гориво изискват електричество, за да работят. Въглищните електроцентрали, обикновено държат резерви въглища за 30 дни, но без транспортните системи (работещи с гориво), ще бъдат без ток във втория месец. Общият икономически ефект загуби, в първата година след бурята може да достигне 2 трилиона долара.

Истински шокиращо заключение е, че цялата тази ситуация не би се подобрила в продължение на месеци, може би и години.

### 3.Слънчевите изригвания и АЕЦ

Слънчевите изригвания и свързаните с тях геомагнитни бури могат да представляват заплаха за атомните електроцентрали, считат американските регулатори. Има около 470 ядрени реактори в света, а стотици други са в процес на планиране или в процес на изграждане. От тези реактори 104 се намират в САЩ и 195 в Европа. Какъв хаос ще причини на нашата цивилизация и на екосистемите на планетата, ако изведнъж станем свидетели не само на една или две ядрени кризи, а на 400 или повече. През последните 152 години Земята е била ударена от около 100 слънчеви бури, причинявайки значителни геомагнитни смущения, две от които са достатъчно мощни, за да се класифицират като "екстремни ". Ако екстремно геомагнитно смущение от такава величина се случи днес, по всяка вероятност ще започне с верига от събития, водещи до катастрофални повреди в повечето ядрени реактори на нашия свят, подобно, но над 100 пъти по-лошо, отколкото бедствията както Чернобил и Фукушима



**Фиг.2 Плазмен Шок:** връхлитащата коронална слънчева маса предизвиква шокови вълни, които могат да навредят на спътници и електрически съоръжения, да доведат до срив в мрежата, и евентуално до начало на ядрена криза

Този проблем се разглежда в САЩ от 2004 година. Въпреки, че вероятността от инциденти, предизвикани от слънчевите изригвания, се счита за минимална, последствията могат да бъдат тежки. Измененията на електромагнитното поле на Земята се отразяват негативно на работата на електропреносните системи. През 1989 година вследствие на мощна магнитна буря се разпада канадската мрежа „Hydro-Quebec“ и милиони хора остават без ток за дълъг период от време.

По същите причини внезапни пикове на напрежението и други признаци за нестабилна работа на преносните системи многократно са регистрирани в САЩ.

Преди известно време магнитна буря извади от строя трансформатора на втори блок в АЕЦ „Салем-2“.

Комисията по ядрено регулиране (NRC) признава, че високата слънчева активност е в състояние “да изважда от строя” оборудване, да предизвиква загуба на външно захранване или до проблеми със съединените към АЕЦ електропреносни системи. Причинителят на проблеми за електрическите мрежи е "ГИТ" - геотермален индуциран ток . Когато короналната маса (млрд. тона слънчева маса) удари магнитното поле на Земята, ударът разклаща и огъва полето. Тези магнитни вибрации индуцират токове, почти навсякъде от горните слоеве на атмосферата до земната повърхност. Мощни ГИТ могат да претоварят вериги, прекъсвачи, а в екстремни случаи могат да се стопят намотките на тежко натоварени трансформатори.

Доклад от Северноамериканската корпорация по електрическа надеждност (NERC) и Министерството на енергетиката на САЩ от 2009 г. заключава, че съвременните енергийни системи значително трябва да намалят уязвимостта и излагането на влиянието на тежки геомагнитни бури. Министерството на вътрешните работи на САЩ финансира програма за изработване на трансформатори при нужда от спешна подмяна, но тя няма е да готова в близките няколко години.

Един от проблемите, които може да причини едно слънчево изригване на ядрена централа е свързано с басейните за отлежаване на касетите в ядрените реактори. Касетите се нуждаят от постоянно охлаждане, а и системите, които осигуряват подкритичност, трябва да функционират безотказно.

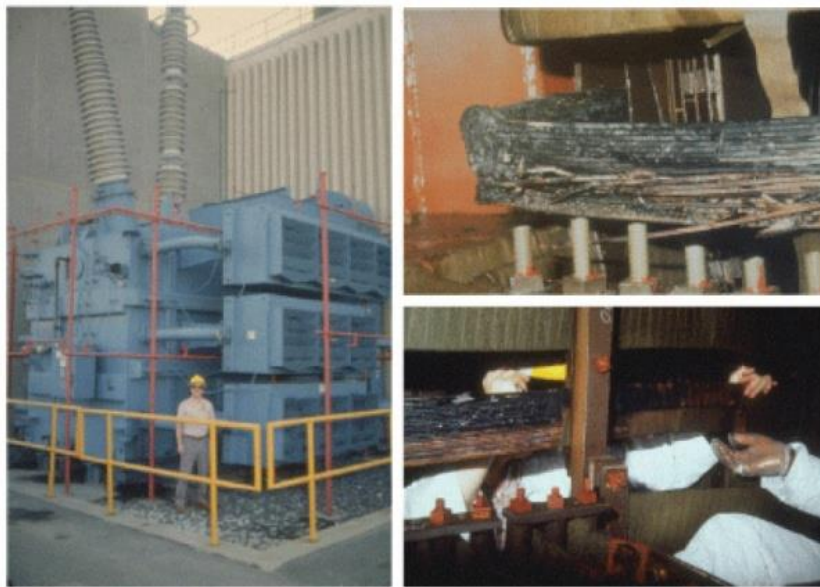


При АЕЦ Козлодуй ядреното гориво се съхранява в басейните за отлежаване на касетите, разположени в близост до реактора.. За осигуряване на запас от борен разтвор и охлаждане на касетите в басейна за отлежаване нивото се поддържа до 20÷40 см под преливника. Басейните са запълнени с разтвор на борна киселина.

Системата за охлаждане включва две помпи за разхлаждане на басейна през два топлообменника. Тези съоръжения оформят два независими канала за охлаждане на водата. Всеки един от тях има капацитет за изпълнение на функцията 100%. Помпите за разхлаждане на басейна са предназначени да осъществяват циркулация на разтвора през топлообменниците за разхлаждане.

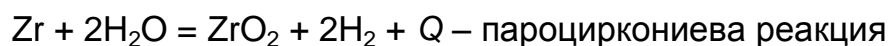
Топлообменниците се охлаждат с техническа вода от системите за безопасност, помпите са надеждно захранени от ДГ.

При аварийни състояния, които могат да доведат до загуба на краен погълтател, са предвидени множество технически и организационни мерки за овладяване или смекчаване на аварията. При загуба на външно ел. захранване на блока е предвидено подаване на електрозахранване от ДГ (дизел генератори) на съседен блок, от АДГ (аварийни дизел генератори) на ДСАПП (Допълнителна система аварийно подхранване на парогенератора) или в краен случаи от мобилен ДГ.



**Фиг.3** Повреден трансформатор в ЯЕЦ Салем- Нью Джърси, вследствие от слънчево изригване

При силно слънчево изригване би последвало изваждане от строя на трансформаторите на територията на ядрената централа. Оттам ще последва загуба на външно електрическо захранване. Помпите, осигуряващи циркулация на флуида (вода с разтвор на борна киселина) в обема на БОК ще изключат и охлаждането на касетите ще е временно спряно. Обезточването ще е равносилно и за двата блока, което автоматично изключва варианта за подаване на захранване от единия блок на другия. При такава ситуация захранването трябва да се подсили от дизел генераторите. За дизел генераторите е предвидено гориво за период от около 30 дена, а при такъв катаклизъм биха били изведени от строя 95-100% от трансформаторите на засегнатата територия. Вероятността такава авария да бъде отстранена в период от 30 дена е почти нулева. Но при събитие, подобно на инцидента във Фукушима и евентуално отказване на дизел генераторите поради някаква причина, за безопасността на блоковете изляло би се разчитало на мобилните дизел генератори. Ако те са по-малко от броя на блоковете или при евентуална техническа повреда на един от тях това би означавало оставане без захранване на един от блоковете. Оттам без циркулация на флуид, който да охлажда касетите в БОК, поддържането на необходимите температури би станало невъзможно. В резултат топлоотделящите елементи ще започнат да се нагряват, охлаждащия флуид започва да преминава в състояние на пара, която от своя страна да взаимодейства с нагретия до недопустими предели цирконий. Нарушава се топлоотвеждането от касетите. Когато температурата на стената на топлоотделящите елементи достигне стойности от порядъка на 650 C° започва така наречената пароциркониева реакция.



При последващо покачване на температурата на циркониевата обвивка и достигане на температури над 1200°C пароциркониевата реакция става самоподдържаща се. При реакцията се отделя водород, който може да бъде причинител на експлозия. За предотвратяване на подобен сценарий са предвидени съоръжения, наречени водородни рекомбинатори и водородни игнители. Водородните рекомбинатори имат функцията да рекомбинират атомите на водорода и кислорода, като по този начин намаляват количеството на леснозапалимия водород. Водородните игнители от своя страна намаляват концентрацията на водород чрез изгарянето му. Освен



това може да последва разхерметизиране на топлоотделящ елемент и откриване на таблетките на урановото гориво. При евентуална експлозия в е възможно в атмосферата да попаднат радиоактивна пара и фрагменти от ядреното гориво.

При евентуално отпадане на електрозахранването друг основен проблем е привеждането на активната зона на реактора от работещ режим на работа до студено състояние. Аварията във Фукушима е типичен пример, как при обезточване старите реактори от първо поколение могат да бъдат в известна степен уязвими. Опасността идва от факта, че даже и при пусната аварийна защита, се наблюдава процеса остатъчно енергоотделяне. То е в състояние нагривайки касетите с гориво, да ги разруши и по този начин горивото да излезе извън пределите на топлоотделящите елементи.

Този проблем при АЕЦ „Козлодуй” е избегнат поради това че, АЕЦ "Козлодуй" е проектирана да издържи на ефектите от земетресение от 8-ма степен по скалата Медведев-Шпонхойер-Карник-64 (ускорение на повърхността на земята - 0,2 g). В АЕЦ "Козлодуй" по проект са изградени три системи за безопасност с независимо електрозахранване, всяка от които може самостоятелно да приведе реактора в безопасно "студено" състояние.

При модернизацията на двата блока в АЕЦ "Козлодуй" още преди пет години е изградена 4-та дизелгенераторна станция. Тя напълно може да замени която и да е от наличните три. За блоковете на АЕЦ "Козлодуй" са разработени подробни процедури за управление на аналогични аварийни процеси. Допълнително е изградена полустационарна система (стационарно разположени помпени агрегати и мобилна дизелгенераторна станция) за аварийно охлаждане на реактора, посредством системите на II-ри контур. Към системата може да се включи и независим източник на охлаждаща вода, например противопожарен автомобил.

Таблица 1. Хронология на основните събития по време на „Пълно обезточване без операторско действие с отказ на ПК на КН” за касети ТВСМ И ТВСА

| Събитие   | Време (s) |
|---|-----------|
| Загуба на променливо-токови източници 6 KV  | 0.0       |
| ГЦП изключени   | 0.0       |
| Изключени нагреватели на КН   | 0.0       |
| Сработва АЗ на реактора-след 0.4+1.2 сек по сигнал „3 от 4 изключени ГЦП-та” ;<br>След този сигнал за 4 сек всички контролни пръти        | 1.6       |
| Спиране на помпи ТК за подхранване и продухване на първи Контур   | 2.0       |
| Спиране на ТПП  | 5.0       |
| Затворени СКР на турбината  | 11.6      |
| Първо отваряне на ПК на ПГ  | 218.0     |
| Изушаване на ПГ   | 5400.0    |
| Първо отваряне на ПК на КН  | 6020.0    |
| Начало на кипене в горещите кръгове   | 6040.0    |
| Начало на оголване на горната част на АЗ  | 6050.0    |
| Загуба на естествена циркулация   | 6500.0    |
| Начало на генериране на водород   | 9700.0    |
| Начало на разхерметизация на ТОЕ и изхвърляне на радионуклеиди в един контур  | 10200.0   |
| Начало на работа на хидроакумулаторите  | 10200.0   |
| Начало на разрушаване на АЗ   | 10300.0   |
| Край на работа на хидроакумулаторите  | 34740.0   |
| Образуване на шупли на дъното на корпуса на реактора и начало на изтичане на газ от един контур и отломки на зоната в шахтата на реактора | 60000.0   |

## 4.Защита

Един от начините за предотвратяване на последиците от масивно слънчево изригване е като се изключат трансформаторите изцяло, и бъдат пуснати отново след бурята. Но спирането на мрежата в такъв голям мащаб ще струва милиарди. Затова такова прогнозиране трябва да бъде точно. С предупреждение от няколко часа компаниите биха имали възможност да извършат това.

НАСА предложи "Слънчев Щит " проект, който ще защитава електрическата мрежа на САЩ което ще включва уязвими централи и подмяна на оборудване на цена от около \$ 1 млрд. Долара

### *Как работи*

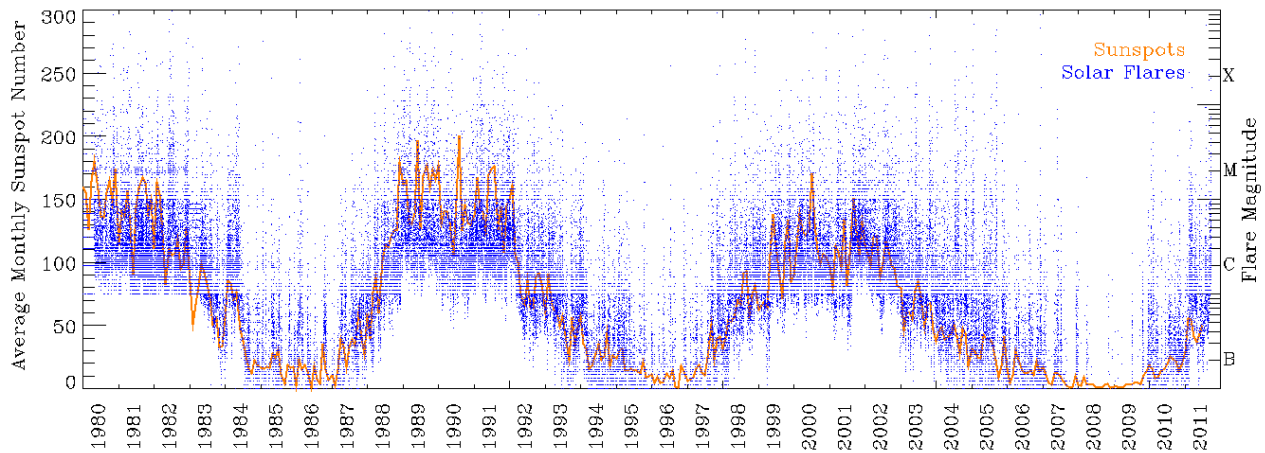
Когато масивен изблик на слънчевия вятър, известен като коронално отделяне на слънчева маса, е засечен да се отделя от слънчевата повърхност и да се насочва към Земята, изображения от SOHO и космическия кораб "Стерео" на НАСА могат да създадат триизмерен модел на слънчевото изригване, който ще помогне да се предвиди кога ще достигне Земята. Докато слънчевата маса достигне Земята (24 до 48 часа), екип ще изчисли земните напрежения.

Около 30 минути преди удара слънчевата маса ще достигне до космическия кораб ACE, разположен на 1,5 милиона км от Земята. Сензори на борда на кораба ще направят оценка на място на скоростта, плътността и силата на магнитното поле на слънчевия вятър и ще изпратят тези данни на екипа от Слънчев Щит .

Системата Слънчев Щит е все още експериментална фаза и не е изпитвана по време на силна геомагнитна буря. Няколко компании понастояще са инсталирали монитори на ключови места в електропреносната мрежа, за да помогнат на екипа да проверяват своите прогнози, но с повече данни, позволяващи по-бързо тестване и подобряване на системата, те се надяват повече енергийни компании да се присъединят към усилията.

## 5.Заклучение

Според Международния журнал за научни изследвания и приложения, има вероятност едно към осем планетата да бъде връхлетяна от масивна слънчева буря в рамките на следващото десетилетие.



**Графика 1** - Интензивността на слънчевите изригвания ясно формира 11-годишните пикове на слънчевата активност

Въпреки, че слънчева магнитна буря може да удари по всяко време, това е явление, тясно свързано с върховете в 11-годишния цикъл на слънчевите петна. Текущият цикъл ще достигне своя връх през юли 2013 г. Най-мощните изригвания са възникнали по време на слънчев цикъл с връх, подобен на този, който учените предвиждат през 2013 г. Поради това трябва да бъдем подготвени за подобно събитие, което би могло в значителна степен да повлияе на електроенергийните системи в глобален мащаб и съответно да засегне значителна част от населението на Земята.