

ӘӨЖ 621.0

**OPR-1000 РЕАКТОРЫНА ҚАТЫСТЫ APR-1400 РЕАКТОРЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІК
ФУНКЦИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУДЫҢ ӘСЕРЛЕРІ**

Жақсат Ілияс Амантайұлы

Is_zhaksatov@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің Ядролық физика мамандығының 2
курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекші - Амангелді Н.

Жетілдірілген 1400 энергетикалық реакторы (APR1400) - Кореяда жұмыс істейтін 1000 (OPR-1000) оңтайландырылған энергетикалық реакторын негізінде жасалған эволюциялық тұрғыдан жетілдірілген жеңіл су реактор. APR1400 көптеген инженерлік жетілдірулерді қамтиды. Оның ішінде қауіпсіздік пен сенімділікті арттыру үшін бірнеше қауіпсіздік мүмкіндіктері бар.

APR-1400 және OPR-1000 арасындағы құрылымдық ұқсастықтарды ескере отырып, реактордың қауіпсіздігін жақсарту үшін APR-1400-дің негізгі жетілдірілген қауіпсіздік мүмкіндіктерін OPR-1000-ға қолдануға болады.

APR-1400 конструкциясының жетілдірілген қауіпсіздік функциялары алыстан басқарылатын қауіпсіздік клапанынан, резервуарға төрт сатылы тікелей инъекциядан тұратын қауіпсіз бүрку жүйесінен, қауіпсіз бүрку резервуарындағы сұйық құрылғыдан, қорғаныс қабығындағы су құюға арналған резервуардан (IRWST), реактор корпусының сыртқы салқындату жүйесінен, кіріктірілген басынан тұрады. құрастыру және т. б.

ЖЕТІЛДІРІЛГЕН APR-1400 ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ РЕАКТОРЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІК МҮМКІНДІКТЕРІ

Жетілдірілген APR-1400 энергетикалық реакторы бұрынғыдан оңтайландырылған OPR-1000 энергетикалық реакторымен салыстырғанда бірнеше жетілдірілген қауіпсіздік функцияларына ие. Атап айтатын болсақ, қосымша апаттық дизель генераторы, батарея сыйымдылығын көбірек, қорғаныс қабығында жанармай құюға арналған су қоймасы (IRWST) және т.б. кіреді. Қауіпсіздікті арттыру мақсатында осы қауіпсіздік мүмкіндіктерінің артықшылықтарын және де APR-1400 мен OPR-1000 арасындағы дизайнның ұқсастығын ескере отырып, қауіпсіздікті жақсарту үшін APR-1400-дің негізгі жетілдірілген қауіпсіздік мүмкіндіктерін OPR-1000-ға қолдануға болады.

Бұл зерттеу қауіпсіздіктің ықтималды бағасын (PSA) қолдана отырып, қосымшалардың орындылығын тексеруге бағытталған. Атап айтқанда, Осы жетілдірілген қауіпсіздік функцияларының келесідей қарастырамыз:

1. Қосымша апаттық дизель генераторын (EDG) ұсыну;
2. 1е класты батарея сыйымдылығын арттыру;
3. Су қоймасын (RWST) қорғаныс қабығына орналастыру, RWST-тен IRWST-ке өту.

Аталған қауіпсіздік мүмкіндіктерді PSA үшін жетілдірілген ақпаратты басқару жүйесін қолдана отырып, OPR-1000-да PSA моделіне енгізілген, ал CDFS-те әр бағдарлама мен үш қосымшаның тіркесімі үшін қайта қарастырылады.

1-кесте - Негізгі зақымданудың жиілігі

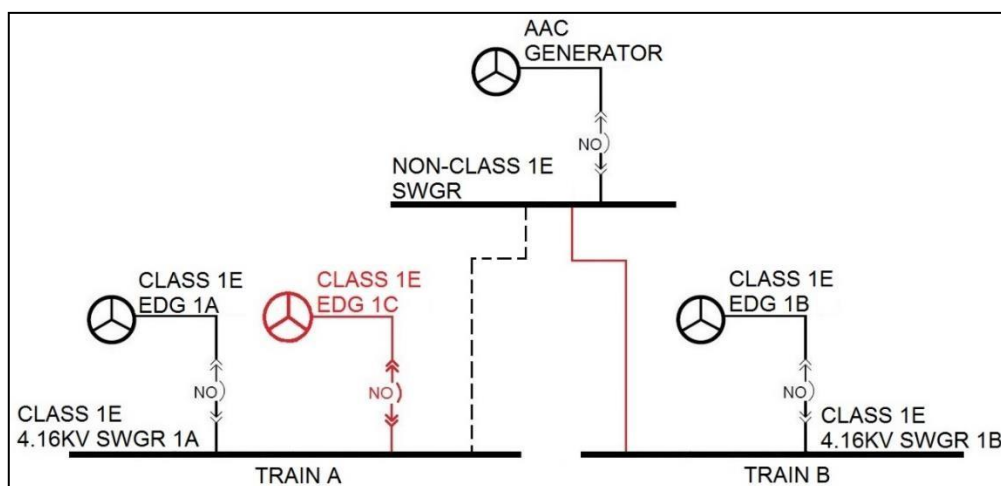
№	Жетілдірілген APR-1400 қауіпсіздік мүмкіндіктері	CDF, (/yr)	Δ CDF, %
1.	Қосымша апаттық дизель генераторы	07 8.55E-	- 23%
2.	Сыйымдылығы 8 сағатқа дейін ұлғайтылған 1е класты батареялар	07 4.85E-	- 43%
3.	RWST қорғаныс қабығы	07 3.83E-	- 34%

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, бұл зерттеу OPR-1000 қосымшаларының орындылығын тексеруге және қауіпсіздіктің ықтималды бағасын (PSA) қолданамыз. Таңдалған қауіпсіздік мүмкіндіктері OPR1000 моделін қауіпсіздігін арттыру әсерін көрсетуге бағытталған. PSA 1 деңгейін талдау PSA өзгертуді және әр қосымшаның CDF-ке қосымша тіркесімін қоса алғанда, жетілдірілген ақпаратты басқару жүйесінде (AIMS) жүргізіледі.

Апаттық дизель генераторы (EDG) резервтік апаттық электрмен жабдықтау жүйесінің бір бөлігі болып табылады. Барлық орнату режимдерінде (жұмыс жасау немесе тоқтау) қалыпты айнымалы қуат жоғалған жағдайда сенімді айнымалы ток көзі ретінде қолжетімді болуы керек [2]. Әдетте әр станцияда қауіпсіздікке байланысты екі автомат болады, олар қауіпсіз өшіру және төтенше жағдайлар үшін қажет электр жүктемелерін қамтамасыз етеді. Бұл шиналар, әдетте, негізгі генератордан немесе сыртқы қуат көзінен қоректенетін қосалқы немесе іске қосу трансформаторларынан қуат алады. Сыртқы қуат жоғалған немесе қауіпсіздікке байланысты жеке шиналардың қалыпты қуаты бұзылған жағдайда, EDG пойызы тиісті қауіпсіздік шинасы үшін резервтік қуат көзін қамтамасыз етеді. EDG пойызы станцияны қауіпсіз өшіру немесе салқындатқыштың жоғалуы (loss) апаты болған жағдайда активті салқындату жүйесінің (ECCS) апаттық жүктемелерін беру үшін қажетті барлық жүктемелерді қосу үшін жеткілікті қуатқа ие.

ҚАУІПСІЗДІКТІ АРТТЫРУ ӘСЕРІ

Әдетте, OPR1000 және APR-1400 типтегі реакторлардың жергілікті қуат беру жүйесі екі EDG класты және резервтік айнымалы ток генераторынан (AAC) тұрады. Қолданыстағы екі EDG және AAC резервтік генераторынан басқа, Shin Kori 5 және 6 сияқты болашақ APR-1400 қондырғылары үшін қосымша EDG орнату жоспарлануда.



1-сурет - Айнымалы тоқты электрмен жабдықтаудың жергілікті жүйесінің схемалық диаграммасы

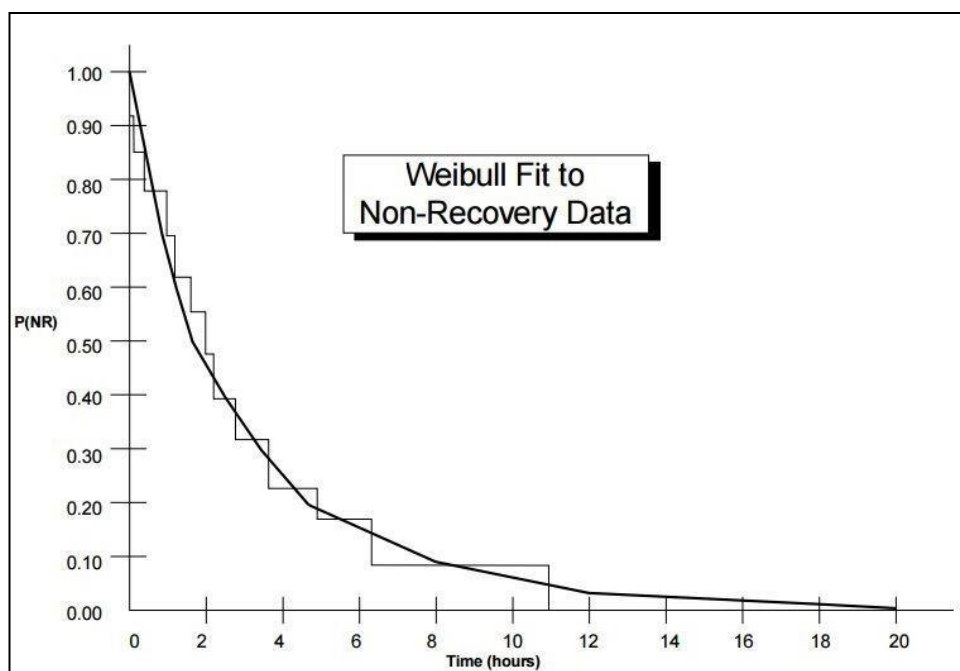
Олар қауіпсіздікпен байланысты жеке шиналардың қалыпты қоректенуін ажыратқан кезде 1Е класты 4,16 кВ шиналардың резервтік қоректенуін қамтамасыз етеді. Осылайша, APR-1400-дегі қосымша артықшылық сыртқы қуаттың (тізбектің) жоғалуына және станцияны (SBO) өшіруді бастайтын оқиғаларға тиімді әсер етеді.

Айнымалы токтың жергілікті электрмен жабдықтау жүйесінің схемалық диаграммасы 1-суретте көрсетілген. Жоғарыда айтылғандай, EDG 1e 4,16 кВ класты шиналарға (А немесе В жолдарына) қосылған, ал 1e класына жатпайтын айнымалы ток көзі SBO оқиғасы үшін 1e класты ажыратқыштармен 1e класты шиналарға қосылған. Кейіннен 1e класының екі шеті сәйкесінше А және В жолдарына қосылады, ал қызыл сызықпен атап өткендей, қосымша жиек А жолына қосылады. Айнымалы ток генераторы жағдайында оны А жолына немесе В жолына қосуға болады. Алайда В жолына қосылу ағымдағы зерттеу үшін таңдалды. Бұл жиектерді қосу схемасы келесі бөлімде талқыланатын OPR-1000 PSI моделін өзгерту үшін де қолданылды.

1Е КЛАСЫНДАҒЫ БАТАРЕЯЛАРДЫҢ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫН АРТТЫРУҮШІН PSA МОДЕЛЬДЕУ

Қалыпты емес және апаттық жағдайларда, айнымалы ток болмаған кезде, сыртқы немесе жергілікті қуат көздерінен айнымалы токты қалпына келтіру үшін SBO оқиғасын жою үшін оператордың қосымша әрекеттерін орындау қажет, өйткені ыдырау жылуын барлық жоғалтумен бөлуге уақыт шектеулері бар. Егер айнымалы ток тәуелсіз жүйелердің ыдырау жылуын кетіру қабілеті асып кеткенге дейін қалпына келтірілмесе, SBO салдары ауыр болуы мүмкін.

Операторға айнымалы токты қалпына келтіруге көбірек уақыт беру үшін OPR1000 батареяларының сыйымдылығы төрт сағат ішінде сегіз сағатқа ұлғайтылды. Бұл жағдайда 1e класындағы батареялардың сыйымдылығын арттыру үшін бастапқыда 4 сағатқа есептелген "айнымалы токты қалпына келтірудегі сәтсіздік" оқиғалары үшін PSA моделін өзгерту қажет болды. 2-қосымшада SBO оқиғаларының қате ағашының өзгерістері көрсетілген.



2-сурет - Алаңнан тыс қуат жоғалғаннан кейінгі уақытқа байланысты қайтарылмау ықтималдығы

Қорытынды

1-ші деңгейдегі PSA көмегімен OPR-1000-ға қолданылған кезде APR-1400 жетілдірілген қауіпсіздік мүмкіндіктерінің тиімділігін бағалаудың техникалық- экономикалық негіздемесі барлық үш жетілдірілген қауіпсіздік мүмкіндіктерінің комбинациясы жалпы OPR-1000 CDF-ні 15% - дан астамға төмендетуі мүмкін екенін көрсетті. Сонымен қатар, әрбір қауіпсіздік функциясын жеке-жеке енгізу нәтижесінде CDF айтарлықтай жақсартулар байқалды. Бұл зерттеу сонымен қатар жұпта бірнеше жетілдірілген қауіпсіздік функциялары қолданылған жағдайларды қарастырады.

Қорытындылай келе, 1E 4,16 кВ класты тарату құрылғысына қосымша EDG енгізу және 1E класты батареялардың сыйымдылығын 8 сағатқа арттыру ағымдағы техникалық- экономикалық негіздеменің нәтижелері негізінде opr-1000 жобасы бойынша жобаланған қолданыстағы қондырғылар үшін ұсынылады, бұл CDF-ді 9,83% - ға жалпы төмендетуде айтарлықтай тиімділікті көрсетеді. Алайда, IRWST қолдануды APR-1400 кеңейтілген қауіпсіздік функциялары тізімінен алып тастау ұсынылады, өйткені ол қолданыстағы OPR-1000 реакторлары үшін іс жүзінде қол жетімді емес.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Sang-Seob Lee, Sung-Hwan Kim, Kune-Yull Suh, "The Design Features of the AdvancedPower Reactor 1400", Nuclear Engineering and Technology, Vol. 41, No. 8, 2009.
2. "A Guide to the Performance of Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Plants", NUREG/CR-2300, Vol. 1-2, 1983.
3. "AIMS-PSA Reference Manual", KAERI-ISA-MEMO-AIMS-03-ENG, Korea Atomic EnergyResearch Institute, 2010