

'99준계학술발표회 논문집
한국원자력학회

원전의 소내정전(SBO)에 관한 규제요건 및 평가지침 확립을 위한 연구
A Study for the Establishment of Regulatory Requirement and Evaluation Guide for
Station Blackout in Nuclear Power Plants

임장현, 구철수, 주문표, 오성현, 신원기

한국원자력안전기술원
대전광역시 유성구 구성동 19

요 약

원자력 발전소의 소내정전(SBO)은 발전소 내에 인버터를 통해서 공급되는 계측제어전원 외에는 교류전원이 완전히 상실된 상태를 말하며, 적절한 시간 내에 교류전원이 복구되지 않으면 안전을 위협하는 사고로 진전될 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 미국의 원자력 위원회에서는 소내정전을 미해결 안전쟁점(USI)사항으로 지정하여 폭넓게 연구가 수행되어 왔고, 이를 근거로 하여 10 CFR 50.63 및 Reg. Guide 1.155 등의 규제요건이 정립되었다. 그러나 국내원전에는 규제요건으로 적용할 수 있는 소내정전 규정 및 평가지침이 확립되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 국내 가압경수로에서의 소내정전에 대한 규제관련 규정을 설정하고 이를 평가하기 위한 지침을 제시하였다.

Abstract

The consequence of SBO event could be a severe accident unless AC power was restored within a proper time, because many safety systems depend upon AC power. Based on the severity, the SBO has been extensively studied since it was identified as Unresolved Safety Issue at USNRC. The resolution of those studies is a rule-making such as 10 CFR 50.63 and Regulatory Guide 1.155. But there is no regulatory requirements of SBO for an operating domestic nuclear power plant up to the present time. This study has established SBO rule(regulatory requirements and evaluation guides) for an operating PWR type of the operating nuclear power plants in Korea.

1.0 개요

일반적으로 원자력발전소의 교류전원계통은 스위치야드를 통해 공급되는 소외전원과 발전소자체의 터빈-발전기 혹은 비상전원 공급계통으로부터 공급되는 소내전원계통으로 구성되어 있다. 발전소 소내정전(Station Blackout, SBO)이란 소외전원과 동시에 소내전원계통의 고장으로 발전소 내에는 축전지와 인버터에서 공급되는 계측기용 교류전원 외에는 교류전원이 완전히 상실된 상태를 말한다. 발전소 소내정전시에는 안전관련 모선 및 비안전 관련 모선에 모든 교류전원이 상실됨에 따라 안전정지를 위해 사용되는 잔열제거 계통, 보조급수계통 및 격납건물 열제거 계통 등 안전관련 계통들이 운전 불능상태가 되므로 적절한 시간 내에 교류전원이 복구되지 않으면 발전소의 안전을 위협할 수도 있게 된다.

발전소 소내정전의 발생확률은 소외전원계통 및 소내 비상전원계통의 신뢰도로부터 결정되는데 원자력발전소의 소내·외 전원계통의 동시에 고장이 발생 가능성은 $10^{-4}/Rx-yr$ 정도로 분석되고 있다.[1] 송전망은 산악지역, 해안 혹은 들을 지나기 때문에 악천후(태풍, 폭설, 홍수, 산불 등)의 영향을 받기 쉽고, 전력계통의 불안정 등으로 인하여 소외전원의 공급이 일시 중단될 수 있다. 이 때 소내 비상디젤발전기를 기동하기 위하여 자동기동신호가 입력되는데 디젤발전기가 전기적 혹은 기계적인 고장으로 인하여 실제 기동되지 못한다면 한 순간에 소내·외 전원이 동시에 상실되기 때문에 발전소에서 소내정전의 가능성은 항상 잠재한다고 볼 수 있다. 또한 국내의 경우 한 부지에 여러 호기의 발전소가 건설되어 있기 때문에 외부전원계통의 불안정은 한 부지 내에 있는 여러 발전소의 교류전원계통에 동시에 영향을 주게 된다.

국내에 운전중인 가압경수로의 설계개념과 유사한 미국의 경우, 발전소 소내정전에 대한 위험성은 NUREG-75/140[2]에서 '원자로 노심 잔열제거에 필요한 대부분의 안전관련 계통들이 교류전원에 종속되어 있으므로 소내정전은 노심손상으로 파급될 수 있는 사고 중 하나'라고 밝히고 있다. 이와 같이 소내정전은 원자력 발전소 전체 위험성에 주요 인자로 기여함이 제기된 이후 안전규제의 중요한 관심사항이 되었다. 따라서, 미국 원자력 위원회는 소내정전(SBO)을 미해결 안전쟁점(Unresolved Safety Issue, USI)으로 분류하고 이를 해결하기 위한 많은 연구결과를 근거로 1988년에 발전소 소내정전 규정(10 CFR 50.63[4])을 법제화하고 이와 관련된 규제지침 1.155[5]를 발간하여 USI를 해결하였고, 미국 내의 운전 중인 원자력 발전소에 대해서는 이 규정에 따른 후속 조치가 이미 완료된

상태이다. 그러나 국내의 원전에 대해서 소내정전에 대한 규정이 마련되어 있지 않기 때문에 소내정전에 대한 규제요건을 규정화하는 것은 국내·외 현실에 비추어 볼 때 시급한 실정이다.

20 소내정전 대처방법

원전의 소내정전을 대처하기 위해서는 SBO 발생후 교류전원이 없더라도 특정시간동안 노심이 손상되지 않고 견딜 수 있음을 입증해야 하는데 이를 입증하는데는 두 가지 방법이 있다. 첫째 방법은 대처능력 분석(Coping Analysis)으로서 교류전원이 상실된 상태에서 교류전원과는 무관하게 소내정전을 극복하여 안전하게 정지상태(Safe Shutdown Condition)에 도달할 수 있음을 보이는 방법이고, 또 다른 방법은 발전소 소내정전을 대비하여 대체교류전원(Alternated AC, AAC)을 확보하는 방법으로서 기존에 설치되어 있는 비상디젤발전기와 별도로 디젤 혹은 가스터빈발전기를 추가로 설치하든지, 부지내의 다른 발전소 혹은 인접지역 수·화력 발전소의 전원을 대체교류전원으로 활용하는 것이다.

원자력 발전소는 소내정전을 대처하기 위하여 최소 소내정전 허용기간을 결정하고, 이 기간 내에는 교류전원을 복구할 수 있어야 한다. 이 기간은 ① 소내 비상교류전원의 다중성, ② 소내 비상교류전원의 신뢰도, ③ 소외전원의 예상 상실빈도, ④ 소외전원을 복구하는데 소요되는 예상 시간 등의 인자를 고려하여 결정하여야 한다. 소내정전 대처방식 중 대체교류전원을 선택할 경우에는 10분 이내에 안전정지모션에 대체교류전원을 공급할 수 있음을 시험을 통해 입증할 수 있는 설비만 갖추면 소내정전 대처에 특별한 문제가 될 수 없다. 그러나, 만약 대처능력분석 방식을 택한다면, 소내정전이 허용하는 기간 즉 소외전원이든 비상교류전원이든 간에 전원이 복구되기까지 교류전원과 무관하게 소내정전을 대처할 수 있는 능력을 발전 설비가 가지고 있는지를 평가해야 한다. 이 평가 결과, 발전소가 이 시간동안을 견딜 수 없다면 발전소의 대처능력을 강화하기 위해서 설비를 개선해야만 한다. 또한 SBO 발생시 교류전원이 없는 상태에서 발전소 안전정지를 위해 많은 조치를 짧은 시간 내에 취해야 하기 때문에 운전원에게 적지 않은 부담을 안겨주게 되므로 인적오류를 유발할 우려가 있고, 이러한 운전 절차가 유효한지를 입증하는 데도 어려움과 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다.

따라서, 소내교류전원 상실에 대한 대처방식을 선택하기 전에 NUREG-1109[6]에 주어진 지침을 참고하여 대처능력분석을 할 것인지 아니면 대체교류전원을 선택할 것인지를 비용/이득에 관한 분석이 수행되어 판단될 수 있다. 그러나 대체교류전원을 선택하는 것이 공통모드고장을 최소화시키고 안전성이나 신뢰성 면에서 확실할 뿐만 아니라 인허가 차원에서도 용이할 것으로 판단된다.

3.0 각국의 SBO 규제현황

3.1 미국

10 CFR 50.63 공포된 이후에도 SBO에 대한 많은 연구가 이루어졌고, USNRC와 사업자간에 많은 논의를 통해 이 문제를 해결하였다. 미국 내에서 운전 중인 원자력 발전소 중에서 약 60%가 소내정전 대처 방식 중에서 대체교류전원을 이용하는 것을 택하였다. 대체교류전원으로서 한 부지 내에 설치된 다른 발전소의 비상디젤발전기를 이용하여 모션간에 Cross-Tie를 시키거나, 가스-터빈발전기 혹은 디젤발전기를 추가로 설치하여 소내정전 규정을 이행하였다. 이와 같이 소내정전 규정을 이행함으로써 노심 손상빈도를 크게 감소시켰는데 이행 후의 평균 노심 손상빈도는 $1.6 \times 10^{-6}/\text{Rx-yr}$ 로서 규정이행 전의 $4.2 \times 10^{-6}/\text{Rx-yr}$ 보다 $2.6 \times 10^{-6}/\text{Rx-yr}$ 감소한 것으로 분석되었다.[7]

3.2 프랑스

소내정전에 의한 노심 손상발생 빈도 목표값을 $10^{-7}/\text{year}$ 이하로 유지하고 SBO시 발전소는 20시간 이상 고온대기상태로 유지할 수 있는 능력을 갖출 것을 요구함에 따라 이를 만족시키기 위해서는 원자로냉각재펌프 밀봉수 주입, 축전지, 계측 및 비상조명을 위해 소형 증기구동 터빈 발전기를 설치하고, 900MWe급 발전소에는 디젤발전기를 1300MWe급 발전소에는 이동식 가스터빈발전기를 부지별로 한 대씩 설치하거나 발전소간 비상발전기 모션을 Cross-Tie 방법 중에서 하나를 택하고 있다.

3.3 독일

SBO 규정은 없으나 안전 관련계통의 설계시 '2 out of 4'개념을 적용하고 있다. 이와 같은 설계개념의 적용은 계통의 다중성과 신뢰성의 향상을 가져와서 SBO에 의한 노심손상 발생빈도는 $10^{-7}/\text{year}$ 라고 평가하고 있다. 비상전력계통은 각각 50% 용량의 비상디젤발전기 4기로 구성되는 2개의 계열을 확보하여 비상전력을 공급하도록 하고 있다. 한편

SBO시 예상되는 일차 냉각재의 상실을 보충하기 위해서는 4개의 펌프로 구성된 예비봉 산주입계통이 별도로 설치되어 있다.

3.4 일본

SBO 문제해결을 위한 일본의 규제입장은 원자력발전소는 단기간의 발전소 소내정전시 원자로를 안전 운전정지 시키고 노심 붕괴열을 제거할 수 있는 능력을 갖추어야 하고 신뢰도가 높은 전력계통을 고려하여 노심 잔열 제거 능력이 평가되어야 된다는 것이다.[8] 여기서 의미하는 '단기간'은 통상 30분으로 해석하고 있으며 '신뢰도가 높은 전력계통'은 축전지를 의미한다. 본 규제요건에서 단시간만을 지정한 이유는 일본의 소외전원 및 디젤발전기의 신뢰도가 높다는 점에 근거를 두고 있는 것으로 판단된다. 실제 일본 미쓰비시 전력망에서의 소외전원상실빈도는 $2.7 \times 10^{-2}/\text{year}$ (미국은 $0.1/\text{year}$)이고, 소내 비상전력계통의 고장율은 $1.2 \times 10^{-3}/\text{demand}$ (미국은 $2 \times 10^{-2}/\text{demand}$)이다.[1] 따라서 SBO에 의한 노심 손상빈도는 $1.4 \times 10^{-6}/\text{year}$ 정도로 미국의 $10^{-6} \sim 10^{-4}/\text{Rx-yr}$ 보다는 낮은 것으로 나타났다.[9]

3.5 국내의 현황

현재 국내에서는 영광 3,4호기 이후에 건설되는 모든 가압경수로에 대해서는 미국의 발전소 소내정전의 규정 및 NRC의 규제지침(10 CFR 50.2, 10 CFR 50.63 및 Reg. Guide 1.155)을 소급 적용하여 대체교류전원용 디젤발전기를 설치하는 방식을 채택하여 영광 3,4,5,6호기에 1대, 울진3,4,5,6호기에 1대씩 비상디젤발전기와 동일한 용량의 대체교류전원용 디젤발전기를 추가로 설치하였다. 월성원자력 경우에는 소내정전을 대비하여 두 개 호기를 담당할 수 있는 비상디젤발전기가 한 대씩 설치되어 있다. 그러나 기존에 운전 중인 가압경수로(고리1,2,3,4호기, 영광1,2호기, 울진1,2호기)에 대해서도 SBO 규제요건의 적용은 타당하다고 할 수 있지만 아직 이에 대한 규정을 적용하고 있지 못하고 있다. 운전 경험 및 고장기록으로 볼 때 발전소의 운전 년 수가 증가함에 따라 기기의 노후화가 진행되기 때문에 소외전원 및 비상디젤발전기의 고장빈도가 높아질 수 있다는 것과 국내 원전은 한 부지에 여러 호기의 발전소가 설치되는 것을 감안한다면, SBO 규정을 미 적용한 발전소에 대해서도 소급 적용하여 SBO 대처능력을 갖추는 것은 필연적이라 판단된다.

40 국내 가압경수로의 소내정전 규정(안)

소내정전 규정은 모든 가압경수로형 원자력 발전소에 적용해야 하는데, 영광3,4호기 이후에 건설된 발전소에 대해서는 소내정전을 고려한 설계가 되었기 때문에 이 규정을 적용받지 않아도 된다. 그러나, 그 외의 모든 경수로 원전에 대해서 적용해야 할 소내정전 규정(안)은 다음과 같다.

41 요건

- (1) 소내정전은 각 발전소 고유의 비상교류전원계통의 다중성과 신뢰도, 기후조건을 고려한 소외전원계통의 예상 상실빈도 및 소외전원계통에 고장이 발생했을 때 복구하는데 소요되는 예상시간을 고려하여 소내정전의 최소 허용시간을 결정하고, 이 시간 내에는 상실된 교류전원을 복구할 수 있어야 한다.
- (2) 허용된 소내정전 시간동안 교류전원이 없더라도 원자로의 잔열제거 및 격납건물의 건전성을 유지할 수 있는 냉각수, 압축공기, 축전지 등의 용량과 능력을 충분히 갖추어야 한다.
- (3) 소내정전을 견디어 낼 수 있는 능력이 있는지의 여부는 대처능력분석(Coping Analysis)을 통해 결정하고, 이를 입증할 수 있어야 한다.
- (4) 소내정전 대처방식으로 대체교류전원을 사용할 경우 소내정전 발생 10분 이내에 안전정지모션에 대체교류전원을 공급할 수 있는 능력이 시험을 통해 입증될 경우에는 대처능력 분석이 요구되지 않는다.
- (5) 소내정전 대처 및 복구를 위한 절차서 개발 및 교육훈련 프로그램을 수립하고 이행해야 한다.

42 이행절차

소내정전 규정을 이행하기 위해서 모든 가압경수로는 최소 소내정전 허용기간을 결정하고, 이 기간 동안 발전소의 설비의 용량과 능력으로 견디어 낼 수 있음을 대처능력분석을 통해 해석되고, 입증되어야 한다. 대처능력분석에 의해서 최소 소내정전 허용기간 동안 대처할 수 있는 능력을 발전소가 가지고 있는지 입증해야 한다. 만약, 발전소의 고유 설비용량으로는 소내정전을 견디어 낼 수 없다면 설비를 보완하거나, 개선을 통해서 계산된 최소 허용기간을 충족시켜야 할 것이다. 대체교류전원을 사용할 경우 소내정전 발생 후 10분 이내에 안전정지모션에 대체교류전원을 공급할 수 있는 능력이 시험을 통해 입증될

경우에는 대처능력 분석이 요구되지 않는다. 또한, 소내정전 기간 동안 발전소를 안정시키는데 필요한 모든 운전 절차, 전원을 복구하는 절차, 전원복구 이후에 취해야할 기기조작 절차 등이 절차화되고, 이러한 운전절차에 대해서 정기적인 교육과 훈련이 이루어져야 한다.

따라서 이러한 소내정전 규정을 이행하기 위한 이행 계획서를 규제기관에 제출하여 적합성을 평가받고, 소내정전 규정의 이행이 완료될 때까지 주기적으로 이행현황을 보고하여야 한다.

5.0 소내정전 평가지침

소내정전 규정을 이행하기 위한 이행계획서가 규제기관에 제출되면 이에 대한 평가는 다음과 같은 항목들이 고려될 것이다.

5.1 최소 SBO 허용시간 결정

다음의 4가지 인자들을 고려하여 각 발전소의 최소 소내정전 허용시간 즉 교류전원이 복구되는 시간을 결정하고, 이 시간 내에는 소외전원이든지, 소내 비상교류전원이든지 간에 상실되었던 교류전원을 복구할 수 있어야 한다. 소내정전 허용시간을 결정하는 인자는 다음과 같다.

- ① 소내 비상교류전원 계통의 다중성
- ② 소내 비상교류전원 각각의 신뢰도
- ③ 기후와 지형을 고려한 소외전원의 예상 상실빈도
- ④ 소외전원상실시 복구하는데 걸리는 예상 시간

5.2 SBO 대처능력분석 방식 채택시 검토사항

국내원전에 소내정전 규정을 적용하여 원전의 고유한 대처능력을 평가하기 위해서는 다음 사항들에 대해서 검토가 이루어져야 한다.

5.2.1 SBO 대처능력 평가

소내정전의 대처능력을 평가시에는 특히 다음사항이 고려되어야 한다.

- ① 원자료의 열출력 100%로 최소한 100일 운전하고 있다가 소내정전이 발생한 것으로 가정한다.

- ② 노심의 잔열제거와 격납건물의 건전성 유지능력 분석을 위해서는 축전지 용량, 복수 저장탱크 용량, 압축공기 용량, 계측제어계통의 요건, 환기계통 능력 상실에 대한 영향, 격납건물 격리 및 원자로 냉각재 재고량 등에 대한 평가가 이루어져야한다.
- ③ 원자로냉각재계통(RCS)의 재고량이 적절하게 유지하고 있는 가를 평가하기 위해서는 냉각재 수축, 펌프 밀봉수 누설, 취출수 및 정상운전 중에 개방되는 배관 등이 고려되어야 한다.
- ④ SBO 환경조건에서 발전설비가 이를 대처하고, 전원이 복구된 이후에 안정을 위해서 필요한 기기가 적절하게 운전될 수 있는가에 대한 설계 적합성과 능력 평가가 이루어져야 한다.
- ⑤ 소내정전 발생 직후 AAC 전원이 기동되고 소내정전 대처에 필요한 기기에 전원이 공급되어 운전되기까지 대처할 능력이 있음을 입증해야 한다. 만약 AAC 전원이 소내정전 개시후 10분 이내에 안전정지모선에 교류전원 공급이 가능함을 시험을 통해 입증된다면 대처능력 분석이 요구되지 않는다.
- ⑥ 소내정전 대처시간을 연장시킬 수 있는 제어실 안팎에서의 운전원 조치내용을 검토한다.
- ⑦ 격납건물의 건전성유지 능력 분석 결과를 검토한다.

5.2.2 SBO 대처를 위한 설비개선

발전소 소내정전 대처능력이 발전소별 최소 소내정전 허용시간에 미치지 못 할 경우에는 소내정전 대처시간 연장을 위해 발전소 설비 개선이 필요하며, 이에 대해서 다음사항을 평가한다.

- ① 노심의 잔열제거 및 격납건물의 냉각을 위해서 필요한 축전지, 복수저장탱크 및 압축공기의 용량에 대한 평가
- ② 1차냉각재 충전 및 보충, RCP 밀봉수냉각 및 주입, 잔열 제거 혹은 격납건물의 건전성유지를 위해 제어실에서 동작시킬 수 있거나, 만약 조작을 위해 별도의 장치가 필요한 경우 시기 적절히 수행될 수 있는지를 입증하는 내용에 대한 평가
- ③ 어떤 계통이나 기기들이 추가되거나 보완된 계통 또는 기기들은 작동 및 시험을 통하여 설비개조가 적절히 이루어졌는지를 평가
- ④ 추가된 계통이나 기기들은 그 설비의 운전성, 신뢰성 입증을 위해 주기적으로 점검, 보수 및 시험내용에 대한 평가

5.2.3 SBO 대처/복구 절차서 개발 및 훈련

소내정전 기간동안 대처에 필요한 운전조치와 일단 교류 전원이 회복되었을 때 정상적인 장기 노심냉각 및 잔열 제거에 필요한 운전절차서 개발 및 훈련 내용을 평가한다.

5.2.4 SBO 관련 기기의 품질보증 및 기술사양

SBO 대처와 관련이 있는 비안전관련 기기에 대한 품질보증 활동과 사양에 대한 지침을 평가한다. 소내정전 규정에 따라 설치된 기기는 기설치된 안전관련 계통의 성능을 저하시키지 않아야 하고, 비안전관련 기기는 기설치된 안전관련 기기와 독립되게 분리하여 설치되어 있는가를 평가한다.

5.3 대체교류전원 설치시 검토사항

발전소 소내정전시 노심의 잔열을 제거하기 위해 필요한 계통 및 기기들에 신뢰성 있는 교류전원을 공급하기 위해서는 대체교류전원(Alternated AC, AAC)을 설치하는 것이 가장 바람직하다. 이 AAC 전원은 i) 소내 교류전원계통에 연결이 가능하고, ii) 소외 혹은 소내 비상교류전원계통과의 공동원인고장 가능성을 최소화시키며, iii) 소내정전 즉시 사용 가능해야 하고, iv) 안전정지를 위해 요구되는 용량 및 신뢰성 등이 요구된다. 이에 따라서 대체교류전원이 설치될 경우 설계 및 적합성 평가시 고려되는 사항은 다음과 같다.

- ① 대체교류전원이 안전정지 모션에 전원을 공급할 때까지 발전소가 정전으로부터 견딜 수 있는 능력이 있음을 입증해야 한다.
- ② 대체교류전원으로는 최소한의 다중성 요건을 만족하고 남은 비상디젤발전기와의 Cross-Tie, 인근에 설치된 가스터빈발전기, 이동 가능한 디젤발전기, 수·화력발전소 등을 이용할 수 있으며, 안전등급의 기기가 아니더라도 사용할 수 있다.
- ③ 가능한 소내에 위치하고, 소외에 위치할 경우에는 기후조건을 고려하여 일정 시간 내에 기기를 반입하여 사용가능한지를 평가해야 한다.
- ④ 정상상태에서는 우선전력계통이나 소내 비상교류전력계통에 직접 접속되지 않아야 한다.
- ⑤ 전력계통 간의 전기적인 연결 및 물리적인 배치는 각 계통간의 운전 방해하거나 심각한 고장을 유발시킬 가능성을 최소화해야 한다.

- ⑥ AAC 전원은 안전관련 기기나 설비로부터 물리적, 전기적으로 격리되어야 한다.
- ⑦ 소내정전 즉시 이용가능 해야 하며, 최소한 하나의 다중모션에 수동으로 접속할 수 있는 설비를 갖추고, 전원을 공급하는데 1시간이상 걸리지 않음을 시험을 통해 입증되어야 한다.
- ⑧ 소내정전을 대처하기 위해 충분한 용량과 능력을 가지고 있어야 한다.
- ⑨ 주기적으로 요구되는 점검 및 시험을 통하여 운전성과 신뢰성이 입증되어야 한다.
- ⑩ 다호기 발전소용으로 설치된 하나의 AAC 전원은 최소한 어느 한 발전소의 소내정전에 대처할 수 있는 용량과 능력을 갖추어야 한다.
- ⑪ 다 호기의 대체교류전원용으로 사용할 경우 전압강하로 인하여 안전정지 관련 기기의 운전에 지장을 주지 않는다면 인접한 4개 호기까지 전원공급이 가능하다. 그 이상의 발전소에 공급할 경우에는 차단기수가 늘어나고, 논리회로가 복잡하게 되어 AAC 전원의 고장발생확률이 높아짐에 따라 소내정전 대처능력이 저하될 수 있기 때문에 별도의 분석을 통해 그 적합성을 입증해야 한다.
- ⑫ AAC 전원의 성능은 주제어실에서 감시가 가능해야하고, 최소한 출력, 전압, 전류, 주파수 및 차단기의 위치가 감시되어야 한다.
- ⑬ AAC 전원은 소내정전 동안 우선전력계통이나 안전관련 전원계통으로부터 독립되고 충분한 용량과 능력이 있는 직류전원계통, 기동계통 및 연료계통을 갖추어야 한다.
- ⑭ AAC 전원은 소내정전 동안이나 그 이후에도 우선전력계통이나 소내 비상교류전원계통의 도움 없이 운전을 계속할 수 있는 능력이 있어야 한다.

6.0 결 론

원전의 소내정전의 발생빈도는 소외전원 및 소내 비상교류전원의 신뢰도에 따라 차이가 있지만 대략 $10^{-4}/\text{reactor-year}$ 정도로 분석되고 있다. 그러나 소내정전은 일단 발생되면 최소 허용시간 내에 교류전원이 복구되어야 하며, 만약 이 시간 내에 복구되지 않을 경우 원전의 안전성을 위협할 수도 있기 때문에 확률론적안전성분석 결과에서 노심손상의 중요 기여인자로 분류되어 있다. 원자력의 선진국들은 이미 소내정전에 대한 대처능력을 향상시키기 위한 조치가 취해지고 있지만, 국내에서는 이에 대한 규제요건이 아직 마련되지 못하고 있는 실정이다. 원전의 운전시간이 증가함에 따라 소외전원 및 소내 비상전원계통의 설비가 노후되기 때문에 SBO 발생빈도는 더 높아질 수 있을 것으로 예측된다.

따라서 본 연구를 통해 제안된 소내정전 규정 및 평가지침이 규제기관과 사업자간에 긴밀한 논의를 통하여 사업자가 이를 이행함으로써 국내 가동 원전의 안전성이 향상 될 수 있다고 평가된다.

참 고 문 헌

1. P.W. Baranowsky, "Evaluation of Station Blackout Accidents at Nuclear Power Plants," NUREG-1032, June 1988
2. USNRC, "Reactor Safety Study," WASH-1400, October 1975
3. Code of Federal Registration, Title 10 Part 50.2, "Definitions" March 1987
4. Code of Federal Registration, Title 10 Part 50.63, "Loss of All AC Power," June 1988
5. USNRC, Regulatory Guide 1.155, "Station Blackout", August 1988
6. A.M. Rubin, "Regulatory Backfit Analysis for the Resolution of Unresolved Safety Issue A-44, Station Blackout," NUREG 1109, June 1988
7. A.M. Rubin, "Utilities Respond to Nuclear Station Blackout Rule" Power Engineering, PP 43-46, February 1990
8. Special Committee on Safety Standards on Reactor, Nuclear Safety Commission, Japan, June 1977
9. USNRC, "Reactor Risk Reference Document" NUREG-1150, 1987
10. A.M. Kolaczkowski and A.C. Payne, Jr., "Station Blackout Analyses," NUREG/CR-3226, May 1983
11. Nuclear Management and Resources Council, "Guidelines and Technical Bases for NUMARC Initiatives Addressing Station Blackout at Light Water Reactor," NUMARC 87-00, November 1987.
12. 방영석 외, "완전전원상실사고에 대한 원전 대처능력 평가" KINS/AR-162, 1992, 12.