

2001 춘계 학술발표회 논문집
한국원자력학회

국내 원자력발전소 비상디젤발전기 신뢰도프로그램 개발

Development of Reliability Program for Emergency Diesel Generators in Domestic Nuclear Power Plants

김영호*, 정현중, 최광희, 홍승열
전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

원자력발전소에서는 비상디젤발전기의 신뢰성 및 건전성 확인 시험을 정기적으로 수행하고 있다. 그러나, 기존의 시험방법 및 주기가 오히려 비상디젤발전기의 열화를 가속시키는 것으로 밝혀짐에 따라 미국 NRC에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 신규 규제요건을 제정하였다. 신규 요건에서는 비상디젤발전기의 실질적인 신뢰도 향상을 위한 신뢰도프로그램을 수립하여 운영할 것을 요구하고 있다. 국내에서는 최초로 영광원자력 3,4호기 비상디젤발전기에 신뢰도프로그램을 개발하여 운영하고 있다. 또한, 타 원자력발전소에서도 비상디젤발전기 신뢰도프로그램을 수립하여 운영할 것으로 전망된다. 본 논문에서는 현재 적용하고 있는 영광3,4호기 비상디젤발전기 신뢰도프로그램을 토대로 국내 원자력발전소 비상디젤발전기에 적용할 수 있는 신뢰도프로그램에 대하여 기술하였다.

Abstract

Surveillance tests of Emergency Diesel Generators(EDGs) in Nuclear Power Plants(NPPs) have been conducted periodically to verify the reliability and integrity of the EDGs, however, it was found that these surveillance methods were so conservative and severe as to accelerate the degradation of the EDGs. Hence, new regulatory guideline, Reg. Guide 1.9 Rev. 3, was established by the U.S. NRC to resolve these problems. But it requires the additional implementation of reliability program of the EDGs to improve the actual reliability of them. In Korea, the EDGs of Yonggwang nuclear units 3&4 were the first plant applying new Reg. guide 1.9 rev.3 and implementing EDG reliability program. Furthermore it is expected that new guideline for the EDGs will be applied to other EDGs of Korean NPPs. In this paper, this reliability program is described, and it can be used as a reference for other EDGs in Korean NPPs.

1. 서론

원자력발전소의 비상디젤발전기(EDG, Emergency Diesel Generator)는 소외 교류전원 상실시 원자력발전소를 안전하게 정지시키는데 필요한 안전관련 설비에 비상전력을 공급하는 매우 중요한 설비이다. 이 때문에 비상디젤발전기에 대해서는 Reg. Guide 1.108 Rev.1 [1]에 따라 각종 운전 가능성 시험을 실시하고 이를 통하여 비상디젤발전기의 신뢰도 수준을 점검 확인하고 있다. 그러나, Reg. Guide 1.108에 의한 시험 요건이 오히려 비상디젤발전기의 신뢰도를 저하시키는 요인으로 제기됨에 따라 이를 개선하기 위하여 미국 NRC에서는 비상디젤발전기에 적용할 신규 규제요건 Reg. Guide 1.9 Rev. 3 [2]를 1993년에 발표하였다. 신규 규제요건에서는 비상디젤발전기에 대한 신뢰도프로그램을 수립하여 운영할 것을 요구하고 있다. 따라서, 국내 원자력발전소 비상디젤발전기에 신규 규제요건을 적용 받기 위해서는 비상디젤발전기 신뢰도프로그램을 수립하여 운영하여야 한다.

국내 원자력발전소에서는 영광3,4호기 비상디젤발전기에 최초로 신규 규제요건 적용에 대한 인허가를 지난 2000년 8월에 취득하였으며, 이에 따라 신뢰도프로그램의 운영을 통하여 비상디젤발전기의 신뢰도를 확보 유지하고 있다.[9] 영광3,4호기에 뒤이어 영광1,2호기 비상디젤발전기에 신규 규제요건 적용 및 이에 따른 신뢰도프로그램을 이행하기 위한 제반 사항을 마련하여 현재 과학기술부에 인허가 심사를 요청한 상태이다.[10] 아울러, 현재 건설중인 신규 원자력발전소인 영광5,6호기의 최종안전성분석 보고서(FSAR) 및 운영기술지침서는 이미 Reg. Guide 1.9 Rev. 3에 따라 작성되었으며, 이에 따라 2001년 5호기의 상업운전 허가 신청 이전에 신뢰도프로그램을 수립하여 하는 상황이다. 이렇듯 비상디젤발전기에 대한 신뢰도 확보 유지에 대한 중요성의 인식이 국내 원자력발전소 전반에 확산됨에 따라, 타 WH 및 CE형 원자력발전소에서도 비상디젤발전기의 건전성 및 신뢰도 확보 차원에서 신규 규제요건 도입 및 신뢰도프로그램을 이행할 예정이다.[11]

신뢰도프로그램은 구체적으로 점검프로그램, 성능감시, 정비, 고장 근본원인 조사, 데이터시스템, 문제점 종결의 6가지 세부 요소로 구성된다. 비상디젤발전기의 신뢰도는 이러한 구성 요소들의 유기적인 관계 및 이행을 통하여 목표신뢰도 수준 이상으로 확보 유지되며, 새로운 유효시험 실패가 발생하였을 경우 비상디젤발전기의 신뢰도가 목표신뢰도 수준을 만족하는지를 평가하고 이에 따른 적절한 조치 사항을 이행하도록 하는 신뢰도 감시로서 신뢰도프로그램은 운영된다. 즉, 신뢰도프로그램은 신뢰도 감시와 이에 따른 조치 사항 이행 그 자체이며, 하부의 6가지 구성요소들은 실질적으로 비상디젤발전기의 신뢰도를 향상시키게 하는 장치인 셈이다.[11]

본 논문에서는 현재 국내 영광3,4호기 비상디젤발전기에 적용하고 있는 신뢰도프로그램을 토대로 국내 원자력발전소 비상디젤발전기에 적용할 수 있는 신뢰도프로그램에 대하여 기술하였다. 또한, 신뢰도프로그램을 통하여 감시하여야 할 목표신뢰도 설정 방법에 대하여도 함께 기술함으로써 국내 원자력발전소에 신뢰도프로그램 적용시 활용될 수 있도록 하였다.

II. 목표 신뢰도(Target Reliability)

1. 개요

소내 정전규정에서는 “운영허가를 받은 경수로형 원전은 10CFR50.2에 정의된 특정 SBO(Station Blackout) 기간동안 견뎌야 하고, 이 기간 내에 회복되어야한다.”고 언급하면서 소내 정전 대처능력을 확보할 것을 요구하고 있다.[3] 비상디젤발전기의 신뢰도는 소내 정전으로 인한 노심 손상위험에 중요한 인자로 작용한다. 따라서 소내 정전규정 이행을 위한 규제지침인 Reg. Guide 1.155 [4]에서는 EDG의 목표신뢰도에 따라 소내 정전 대처기간을 결정하도록 하고있으며, Reg. Guide 1.155 Regulatory Position C.1.1에서는 소내 정전 대처시간 결정을 위한 목표신뢰도 결정방법을 제시하고 있다. 이 방법에 따라 비상디젤발전기의 목표신뢰도를 결정하여 이 값을 기준으로 비상디젤발전기의 신뢰도 수준을 감시하는데 활용한다.

2. 소내 정전 대처시간 결정을 위한 목표신뢰도 결정방법

(1) NSAC-108 Section 2, “Reliability of Emergency Diesel Generators at U.S Nuclear Power Plants” [5]의 방법 또는 이에 상응하는 방법론을 사용하여 각 개별 EDG의 최근 20, 50 & 100 Demand에 대한 신뢰도를 계산하고 그 결과를 원자력발전소 호기 단위로 평균한다.

$$\text{EDG Reliability} = (\text{start reliability}) \times (\text{load-run reliability})$$

$$\text{Start reliability} = \frac{\text{Number of successful starts}}{\text{Total number of valid demands to start}}$$

$$\text{Load-run reliability} = \frac{\text{Number of successful load-runs}}{\text{Total number of valid demands to load}}$$

(2) 위에서 계산한 Nuclear Unit 단위의 EDG 평균 신뢰도 값을 다음과 비교한다.

- 최근 20회 요구 당 신뢰도 > 0.90
- 최근 50회 요구 당 신뢰도 > 0.94
- 최근 100회 요구 당 신뢰도 > 0.95

(3) 만약 EAC 그룹([표-2] 참조)이 “A”, “B” 혹은 “C”이고 원전 호기 단위의 EDG 평균 신뢰도가 위의 기준 중 어떤 것이든 만족하면, 0.95 또는 0.975를 소내 정전 대처시간 결정을 위한 EDG 목표신뢰도로 선택한다. EAC 그룹이 “D”이고, 위 기준 중 어떤 것이든 만족하면 0.975를 소내 정전 대처시간 결정을 위한 EDG 목표신뢰도로 선택한다.

(4) EAC 그룹이 “A”, “B” 혹은 “C”이고 위의 기준 중 어떤 것도 만족하지 않으면, 0.95를 소내 정전 대처시간 결정을 위한 EDG 목표신뢰도로 선택한다. EAC 그룹이 “D”이고 위 기준 중에 어느 하나도 만족하지 않으면, 요구되는 소내 정전 대처기간은 다음의 높은 값으로 증가시켜야 한다. (예: 4시간을 8시간으로, 8시간을 16시간으로)

[표-1] Acceptable Station Blackout Duration Capability(Hours)

소외전력 그룹	EAC 전원 그룹						
	A		B		C		D
	EDG 목표 신뢰도						
	0.975	0.95	0.975	0.95	0.975	0.95	0.975
P1	2	2	4	4	4	4	4
P2	4	4	4	4	4	8	8
P3	4	8	4	8	8	16	8

[표-2] Emergency AC Power Configuration Groups(a)

Group	EAC 전원수(b)	교류전원으로 작동되는 붕괴열제거 계통에 요구되는 EAC 전원수(c)
A	3d	1
	4	1
B	4	2
	5	2
C	2(d)	1
	3(e)	1
D	2(f)	1
	3	2
	4	3
	5	3

a : BWR에서 High Pressure Core Spray 계통의 전용 디젤발전기(DG)와 같이 특수 목적의 DG는 EAC 그룹 결정에 고려하지 않음.
b : 호기간에 공유되는 EAC 전원이 있을 경우, EAC 전원 수는 각 호기의 전용 EAC 전원 수와 호기간에 공유되는 EAC 전원수의 총 수입.
c : 소외전원 상실시 발전소 안전정지 및 유지를 위한 붕괴열제거 (교류 전원 붕괴열 제거 계통 포함)에 요청되는 모든 교류 부하들에 기초를 둔 것임.
d : 호기간에 공유되지 않은 전용 EAC 전원
e : Multi-unit Site에서 다른 호기와 공유된 EAC 전원
f : 공유된 EAC 전원인 각 DG가 한 부지내 한 호기 이상에 전원을 동시에 공급할 수 있음.

3. 국내 원전의 EDG 목표신뢰도 결정방안

가. AAC DG가 설치되지 않은 발전소

국내 WH 및 CE형 원전의 EAC 전원그룹은 모두 "C"에 해당한다. 그리고 국내 원전 EDG의 최근 20, 50, 100 Demands에 대한 신뢰도를 계산한 결과 위 "2. (2)" 항의 기준을 만족하였다.

- 영광1,2발전소 EDG 신뢰도 분석결과 모두 "2. (2)" 항의 기준 만족하였음.[16]
- 월간 정기시험주기를 EDG 시험실패로 인하여 월간시험주기를 단축하였던 발전소가 없는 것은 나머지 발전소 EDG의 신뢰도가 0.99 이상임을 나타내는 것이므로 "2. (2)" 항의 기준을 만족하는 것으로 볼 수 있음.

따라서, 국내 원자력발전소 비상디젤발전기는 0.95 또는 0.975를 목표신뢰도로 선택하면 된다.

나. AAC DG가 설치된 발전소

10CFR 50.63에서 제시하는 SBO 대처방법은 SBO 대처능력 분석(Copying Analysis)과 일 정요건을 갖춘 AAC(대체교류 전원)를 구비하고 10분 이내에 전원상실 모션에 인가될 수 있음을 시험에 의해 입증하는 방법이 있다. 국내에서는 영광3,4호기부터 이를 감안하여 AAC DG를 설치하여 운영하고있다. SBO 요건을 만족하는 AAC가 구비된 경우 소내 정전 대처시간 결정이 불필요하므로 EDG 목표신뢰도를 다른 방법으로 결정해야한다. NUMARC 87-00 rev.1 [6]에서는 다음을 만족하는 경우에 한해서 EDG 목표신뢰도를 0.95로 선정해도 좋다고 언급하고 있다. 따라서 AAC DG가 설치된 원자력발전소에는 EDG 목표신뢰도를 0.95로 선택하면 될 것으로 판단된다.[9]

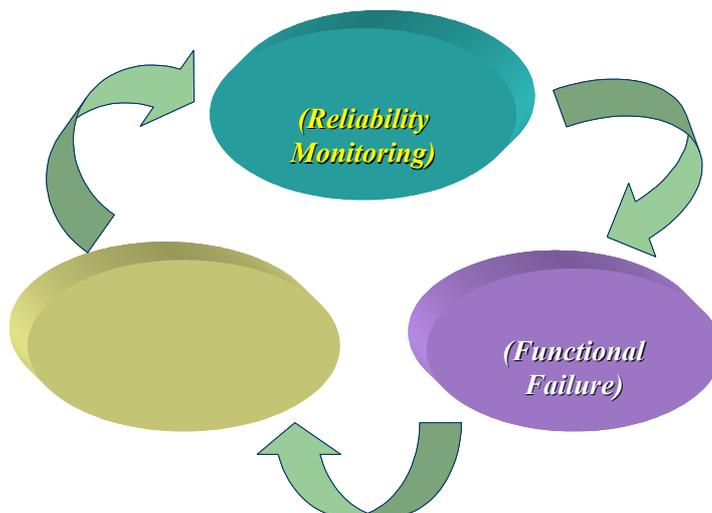
- EAC 그룹이 “D”인 발전소가 아니며,
- 목표신뢰도로 0.975 대신 0.95를 사용함으로써 일어날 수 있는 기간 이상동안 AAC Source로 안전정지 시키고 유지할 수 있는 경우

III. 비상디젤발전기 신뢰도프로그램(Reliability Program)

1. 개요

신뢰도프로그램은 비상디젤발전기의 신뢰도가 설정된 목표신뢰도 이상으로 유지됨을 감시 하고 새로운 고장이 발생하거나 목표신뢰도에 미달하였을 경우 구체적인 조치사항을 수행함 으로서 저하된 신뢰도를 회복하게 하는 것이다. 즉, 신뢰도프로그램은 다음의 6가지 구성요 소를 이행함으로써 달성된 신뢰도 수준이 목표 값 이상으로 유지하는 지를 신뢰도 감시를 통하여 점검하는 것으로서 이행된다.[6][11]

- 점검(Surveillance)
- 정비(Maintenance)
- 데이터시스템(Data System)
- 성능감시(Performance Monitoring)
- 고장 근본원인 조사(Root Cause Investigation)
- 문제점 종결(Problem Close-Out)



[그림-1] 비상디젤발전기 신뢰도프로그램 운영 개념

2. 신뢰도감시 및 조치

가. 신뢰도 감시

비상디젤발전기의 신뢰도가 목표신뢰도 수준을 확보·유지하고 있는지를 감시하기 위해서 다음 구성 요소에 따라 신뢰도를 감시하고 신뢰도가 저하되었을 경우 적절한 조치사항을 이행함으로써 저하된 신뢰도를 회복시킨다.

(1) 운전결과 판정 및 자료 관리

비상디젤발전기의 모든 기동신호 발생 시 유·무효시험여부 및 성공·실패여부 판정결과를 기록관리하며, 유효시험 실패가 발생한 경우 유효시험 실패 원인 및 시정조치내용을 기록관리한다. 이를 위하여 다음의 양식을 발전소 여건에 맞추어 수정 및 활용할 수 있다.

- 비상디젤발전기 시험관리 대장 [표-3]
- 비상디젤발전기 유효시험 실패 관리대장 [표-4]

(2) 신뢰도 평가

○ 개별 비상디젤발전기 신뢰도 평가 및 정기시험주기 결정

개별 비상디젤발전기 당 25회의 유효시험 중 실패횟수가 4회 이상이면 문제의 비상디젤발전기라고 판정하고 아래와 같이 월간 정기시험 주기를 조정한다.

최근 25회 유효시험 중 실패횟수(a)	시험 주기
≤3	31일
≥4	7일(b)

- (a) 유효시험 횟수와 실패횟수를 결정하는 기준은, 하나의 비상디젤발전기를 기준으로 한 시험횟수와 실패횟수가 명시된 Reg. Guide 1.9 Rev. 3의 Reg. Position C.2.1(본 보고서의 정의에 해당)에 일치되어야 한다.
- (b) 이 시험 주기는 실패 없이 7회 연속하여 기동 및 부하운전 시험이 수행될 때까지 유지되어야 한다. 만일, 실패 없이 7회 연속하여 기동 및 부하운전 시험이 수행된 후, 이어서 1회 이상의 추가적인 실패 발생으로 최근 25회 시험 중 4회 이상의 실패가 발생하면 시험 간격은 위의 표와 같이 줄어들고, 연속해서 7번 기동 실패가 없을 때까지 시험간격을 유지한다.

[표-3] 비상디젤발전기 시험관리 대장

호기 : 계열 :

기동 번호 ^①	기동방법 ^②	기동일시	부하운전 여부		정지일시	운전 구분	기동 결과 ^③	부하운전 결과 ^④	운전 및 정지사유	판정 (안전과장)	확인 (발전부장)
			예	아니오							
	M, A, SE, SL, SB, O		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		유효 <input type="checkbox"/> 무효 <input type="checkbox"/>	성공 <input type="checkbox"/> 실패 <input type="checkbox"/>	성공 <input type="checkbox"/> 실패 <input type="checkbox"/>		(서명)	(서명)
	M, A, SE, SL, SB, O		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		유효 <input type="checkbox"/> 무효 <input type="checkbox"/>	성공 <input type="checkbox"/> 실패 <input type="checkbox"/>	성공 <input type="checkbox"/> 실패 <input type="checkbox"/>		(서명)	(서명)
	M, A, SE, SL, SB, O		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		유효 <input type="checkbox"/> 무효 <input type="checkbox"/>	성공 <input type="checkbox"/> 실패 <input type="checkbox"/>	성공 <input type="checkbox"/> 실패 <input type="checkbox"/>		(서명)	(서명)

① : 현장 판넬에 부착된 start counter(CCW 기준)의 지시값을 기록

② : 수동기동(M), 실제 또는 오신호에 의한 자동기동(A), ESF 모의신호 주입에 의한 기동(SE), LOOP 모의신호 주입에 의한 기동(SL), ESF & LOOP 모의신호 주입에 의한 기동(SB), 기타(O)

③ & ④ : 유효시험으로 판정된 경우만 결과를 기록

[표-4] 비상디젤발전기 유효시험 실패 관리대장

호기 : 계열 :

유효 시험 실패일	누적 기동 횟수	정비 번호	유효시험 실패 유발기기		부계통 ^⑤	고장내용 ^④	고장영향 ^⑥	고장 근본원인	시정조치 ^⑦	고장의 분류 ^⑦	확인	
			기기번호	기 기 명							전력설비운전원	발전과장
										C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/>	(서명)	(서명)
										C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/>	(서명)	(서명)

① 누적기동횟수 : CCW 기준
 ② 정비번호 : TR 번호 기록
 ③ 고장난 기기가 속한 하부 계통명(예; 연료계통, 발전기, 엔진, 냉각계통, 배기계통 등)
 ④ 고장원인을 포함한 간략한 고장내용 기술
 ⑤ 고장으로 영향을 받은 EDG의 기능(예; 기동, 부하운전, 연속운전, 정지 등)
 ⑥ 고장에 대한 시정조치 내용을 간략히 기술(예; 수리, 교체, 설계변경 등)
 ⑦ IEEE Standard 500 정의에 따라 Catastrophic/Degraded/Incipient로 분류
 - Catastrophic: 갑자기 발생하는 완전한 고장, Degraded: 점진적이거나 부분적인 고장, Incipient: 시정조치가 이루어지지 않을 경우 Degraded나 Catastrophic 고장이 예상되는 고장

○ 호기별 목표신뢰도 평가

해당 호기별 비상디젤발전기의 신뢰도를 평가하고 그 결과를 아래의 목표신뢰도 관리 제한치(트리거 값)와 비교한 후 목표신뢰도 유지를 위한 조치사항을 이행한다. 호기별 비상디젤발전기 신뢰도 평가는 기동 신뢰도와 부하운전 신뢰도로 구성된다. 비상디젤발전기가 기동된 후 항상 부하를 투입하는 것은 아니기 때문에 기동과 부하운전을 분리하여 신뢰도를 산출한 후 각 결과를 합산한다.

목표신뢰도	호기별 목표신뢰도 관리 제한치(트리거 값) 초과여부 결정기준		
	20회 유효시험중 실패횟수	50회 유효시험중 실패횟수	100회 유효시험중 실패횟수
0.95	≥3	≥5	≥8
0.975	≥3	≥4	≥5

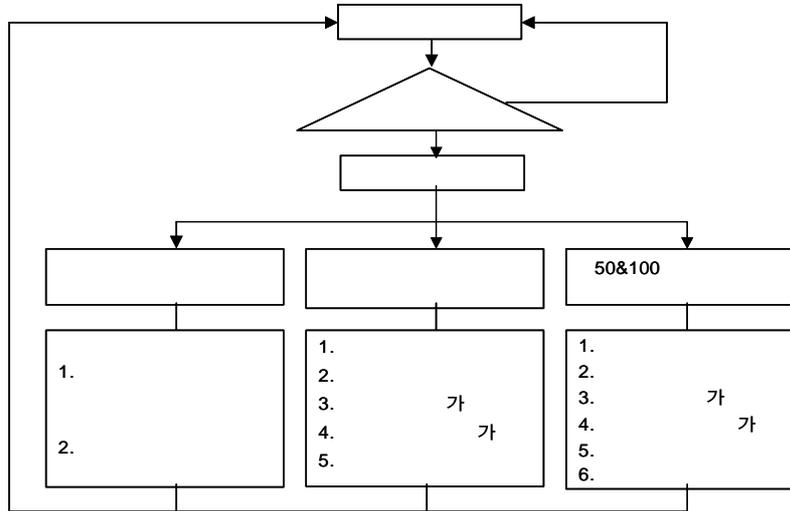
[예] 최근 50회의 기동시도가 어떤 호기의 비상디젤발전기 A계열에서 20번과 B계열에서 30번이 있었고 이중 기동실패 횟수가 A계열 1번과 B계열 3번이었다면 기동에 대한 유효실패 횟수는 4이다. 또한 최근 50회 부하공급 시도가 A계열에서 22번과 B계열에서 28번이 있었고 이중 부하공급 실패 횟수가 A계열 1번과 B계열 1번이었다면 부하공급 시도에 대한 유효 실패 횟수는 2이다. 이 경우 이 비상디젤발전기에 대한 호기별 유효 실패 횟수는 기동과 부하공급 유효실패 횟수를 더한 6이다.

[예] 호기별 50회 유효시험 중 유효실패 횟수 계산

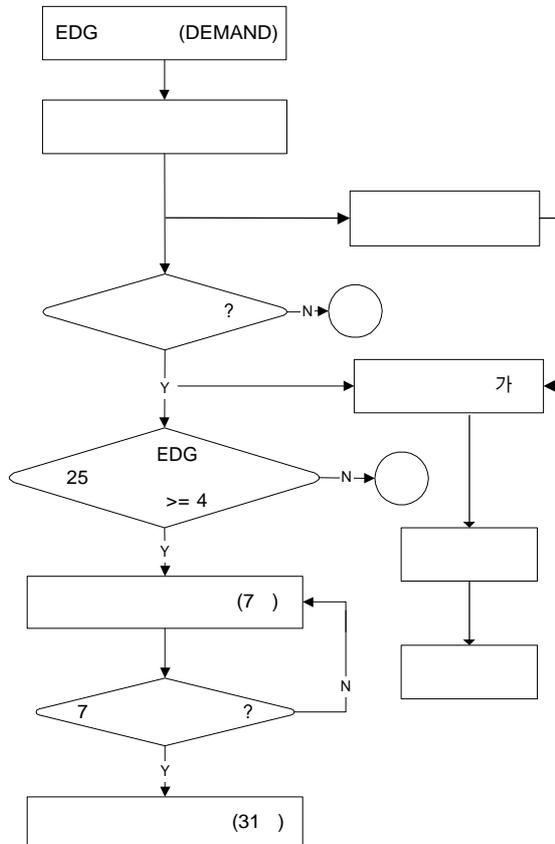
	기동 횟수	기동실패 횟수	부하공급 횟수	부하공급 실패 횟수	호기별 유효실패 횟수
A 계열	20	1	22	1	
B 계열	30	3	28	1	
총	50	4	50	2	6

나. 목표신뢰도 유지를 위한 조치사항

유효실패가 발생한 경우 호기별 목표신뢰도 관리 제한치 초과 정도에 따라 [그림-2]와 같이 비상디젤발전기의 목표신뢰도를 유지하거나 회복시키기 위한 적절한 조치사항을 이행하여야 한다.



[그림-2] 유효시험 실패시 목표신뢰도 유지를 위한 조치 흐름도



[그림-3] 신뢰도프로그램 운영흐름도

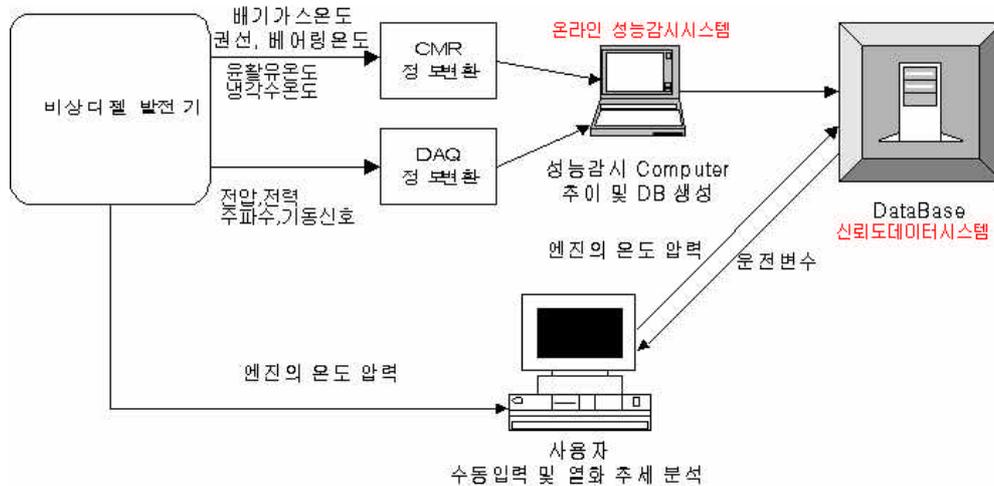
3. 신뢰도프로그램 핵심 구성 요소

가. 점검 (Surveillance)

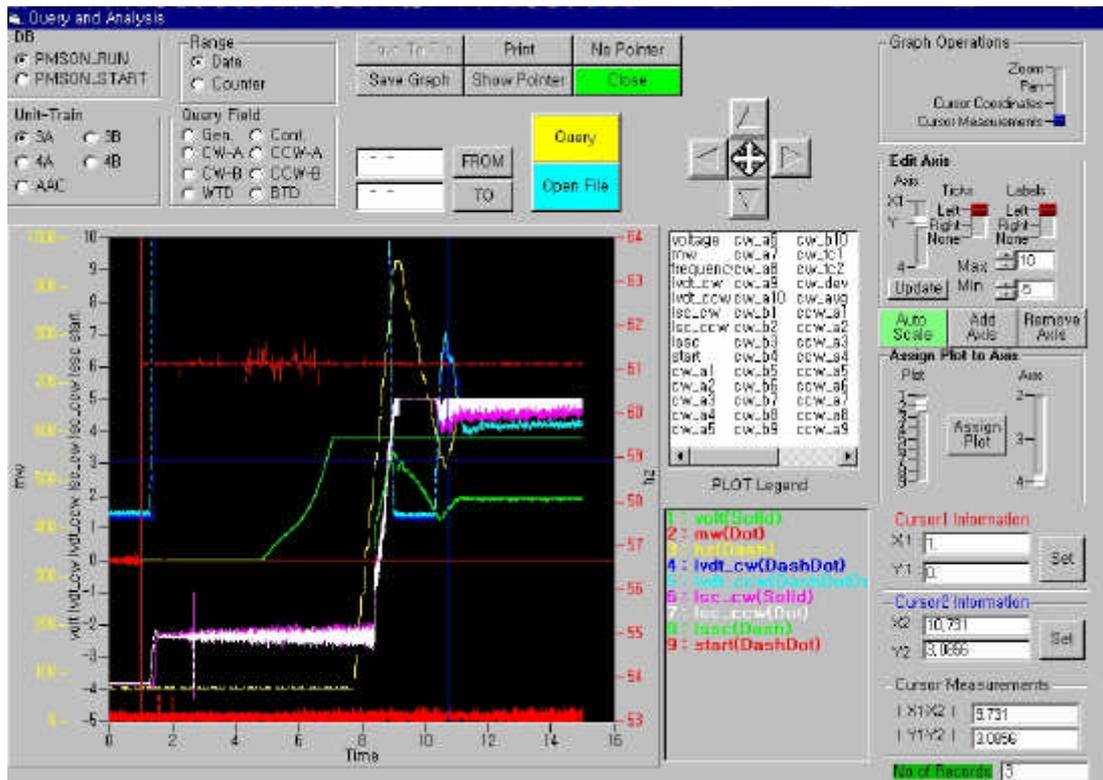
비상디젤발전기는 운영기술지침서(Technical Specification)의 점검 요구사항에 따라 정기 점검을 수행하며, 정기점검 및 수행시험을 통하여 비상디젤발전기의 신뢰도 결정 및 상태점검과 잠재적 문제를 밝히는데 사용될 수 있는 자료들을 취득한다. 이 때 취득되는 점검변수 자료는 산업체 경험, 엔진 제작자가 제공하는 정보, IEEE Std 397-1995 [7], 그리고 ASME OM Part 16 [8]에서 권고하는 점검변수 항목들을 참조하여 각 발전소 사정에 적합하도록 점검변수를 설정하여 운영한다.

나. 성능감시 (Performance Monitoring)

비상디젤발전기의 잠재적인 결함을 발견 및 시정함으로서 비상디젤발전기의 기능고장을 예방하기 위하여 수행되는 성능감시를 위해서는, 우선 성능감시 대상 변수를 선정하여야 하며, 선정된 변수에 대한 데이터를 취득, 그리고 취득된 변수들의 경향을 분석함으로서 고장의 징후를 찾아냄으로서 성능감시를 목적을 달성한다. 이를 위해 영광2발전소에서는 다음 그림과 같은 온라인 성능감시시스템 및 오프라인 성능감시시스템을 개발하여 모든 기동 시험시 이 시스템을 이용하여 주요 변수들을 취득 및 감시한다.[13]



[그림-4] 온라인 및 오프라인 성능감시시스템



[그림-5] 온라인 성능감시시스템 기동 동특성 분석 화면

다. 정비 (Maintenance)

현재 수행하고 있는 비상디젤발전기에 대한 정비업무를 최적화함으로써 신뢰도를 제고한다. 이를 위하여 신뢰도기반 정비(RCM) 기법을 이용하여 계통 경계 정의 및 Sub-System 분류, 계통 기능 및 기능고장 정의, 기능고장을 유발하는 중요 기능고장 분류, 중요 기능고장 유발인자 분석, 마지막으로 이러한 인자들의 고장을 예방하기 위한 전략을 개발함으로써 정비업무를 최적화 할 수 있다.

라. 고장 근본원인 조사 (Root Cause Investigation)

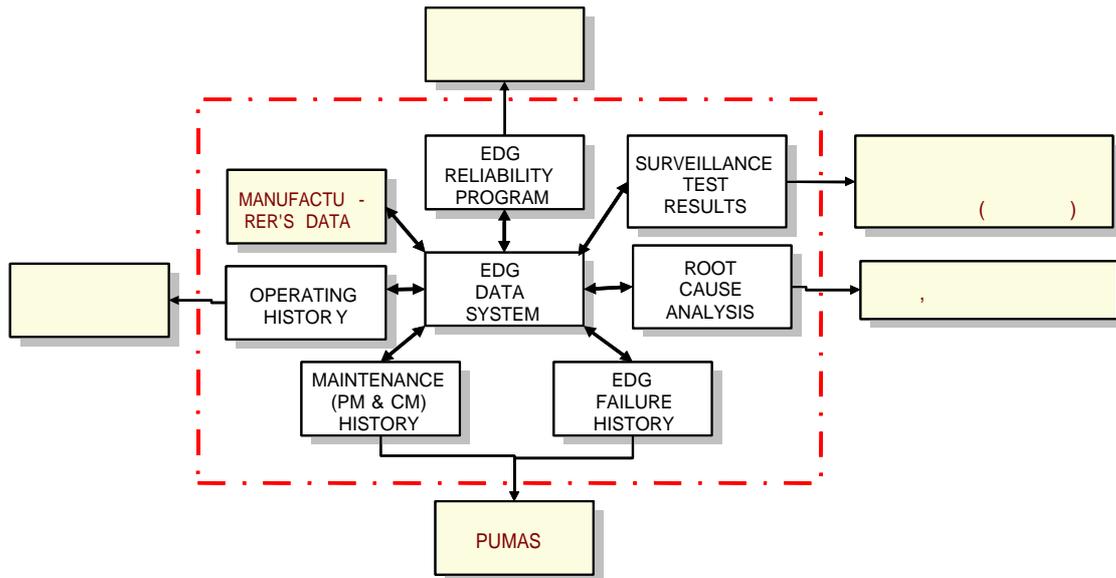
유효시험 실패가 발생하면, 발전소 절차에 따라 고장근본원인을 분석하여야 한다. 이를 통하여 향후 발생할 수 있는 고장의 재발 가능성을 완전히 제거함으로써 비상디젤발전기의 신뢰도를 향상시켜 나간다.

마. 데이터시스템 (Data System)

신뢰도데이터시스템은 신뢰도프로그램을 체계적으로 수행할 수 있도록 비상디젤발전기 신뢰도와 관련된 모든 정보와 자료를 종합적으로 관리 및 운용하는 전산 시스템으로, 다음 [그림-6]과 같은 내용을 포함하고 있다.

신뢰도데이터시스템을 인트라넷 웹 방식으로 개발함으로써 발전소 현장 사용자는 자신의 PC의 브라우저를 통하여 자료를 입력하고 검색할 수 있도록 개발하였다. 또한, 신뢰도데이터시스템은 단순 정보의 창고 역할보다 확장된 기능을 갖도록 개발하였는데, 이는 신뢰도

감시 및 조치사항의 지원 및 오프라인 성능감시 기능이다.[12][14][15] 비상디젤발전기의 모든 기동에 대한 자료 즉, 시험관리 대장의 자료를 입력함으로써 이를 근거로 유효시험 실패가 발생시 가속 시험주기 및 목표신뢰도 수준을 자동으로 감시할 수 있도록 하였다. 오프라인 성능감시 기능은 점검시 온라인 및 오프라인으로 수집되는 변수를 신뢰도데이터시스템에서 종합관리하고, 축적된 성능 변수의 경향을 분석함으로써 고장의 징후를 사전에 발견할 수 있도록 하였다.



[그림-6] 신뢰도데이터시스템 구성



[그림-7] 신뢰도데이터시스템의 오프라인 성능감시 화면

바. 문제점 종결 (Problem Close-Out)

비상디젤발전기의 목표신뢰도 유지를 위한 조치사항은 공식적인 절차에 의하여 종결되어야 한다. 조치사항은 크게 고장 근본원인 분석 결과에 대한 시정조치와 핵심 검토분야 평가 결과에 대한 시정조치로 구분되며, 시정조치 내용으로는 기기 결함정비, 절차변경, 정비계획 변경, 설계변경 등으로 구분된다.

IV. 결론

원자력발전소 비상디젤발전기에 대한 규제방향이 지금까지의 결정론적 규제방향에서 성능 및 신뢰도를 감시하는 성능위주규제(Performance Based Regulation)로 전환되었다. 이러한 새로운 규제 요건에 따라 영광3,4호기에는 비상디젤발전기의 실질적인 신뢰도 향상을 위한 신뢰도프로그램을 개발하여 적용하고 있다. 이를 토대로 국내 WH 및 CE형 원자력발전소에 적용하기 위한 목표신뢰도 설정 방법, 신뢰도 감시 방법, 그리고 신뢰도프로그램 구성요소에 대하여 제시하였다. 이러한 신뢰도프로그램은 발전소 실무자들에게 비상디젤발전기 신뢰성 향상에 대한 인식을 새롭게 하는 계기를 제공함으로써 비상디젤발전기의 신뢰도 향상에 크게 기여할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Reg. Guide 1.108 Rev. 1, Periodic Testing of Diesel Generator Units used as Onsite Electric Power Systems at Nuclear Power Plants, 1977, 8
2. Reg. Guide 1.9 Rev.3, Selection, Design, Qualification, and Testing of Emergency Diesel Generator Units used as Class 1E Onsite Electric Power System at Nuclear Power Plants, 1993
3. 10CFR50.63, Loss of All Alternating Current Power, USNRC, 1998
4. Regulatory Guide 1.155, Station Blackout, USNRC, 1988.
5. NSAC-108, The Reliability of Emergency Diesel Generators at U.S Nuclear Power Plants, EPRI, 1988, 9
6. NUMARC 87-00, Guidelines and Technical Bases for NUMARC Initiatives Addressing Station Blackout at Light Water Reactors, 1987
7. IEEE Std 387-1995, IEEE Standard Criteria for Diesel-Generator Units Applied as Standby Power Supplies for Nuclear Power Generating Stations, 1995

8. ASME OM Part16, Inservice Testing and Maintenance of Diesel Drives in Nuclear Power Plants, 1990
9. '99전력연-단74, 영광3,4호기 비상디젤발전기 정기 시험주기 및 방법 개선 기술 보고서, 전력연구원, 1999, 2
10. '00전력연-단572, 영광1,2호기 비상디젤발전기 신뢰도프로그램 기술보고서“, 전력연구원, 2000, 10
11. '01전력연-단044, WH 및 CE형 원자력발전소 비상디젤발전기 신뢰도 종합관리 지침 개발(최종보고서), 전력연구원, 2001, 1
12. 김영호 외, “비상디젤발전기 신뢰도 감시 프로그램 개발”, 한국원자력학회, '98추계학술 발표회, 1998, 10
13. 정환성 외, “원자력발전소 비상디젤발전기 성능감시시스템 개발”, 한국원자력학회, '99춘계학술발표회, 1999, 5
14. 김영호 외, “영광3,4호기 비상디젤발전기 신뢰도데이터시스템 개발”, 한국원자력학회, '99추계학술발표회, 1999, 10
15. 김영호 외, “영광1,2호기 비상디젤발전기 신뢰도데이터시스템 개발”, 한국원자력학회, '00춘계학술발표회, 2000, 5
16. 김영호 외, “영광1,2,3,4호기 비상디젤발전기 신뢰도 분석”, 한국신뢰성학회, '00춘계학술대회, 2000, 4