태풍으로 인한 원전사건 조사결과 및 향후계획

2020. 9. 25.

관계부처 합동

목 차

Ⅰ. 사건 개요 및 경위 1

Ⅱ. 조사결과 2

Ⅳ. 재발방지대책 4

Ⅴ. 향후 계획 5

Ⅰ. 사건 개요 및 경위

□ 태풍 **'마이삭('20.9.3.)'의 영향**으로,

- ㅇ 고리1 ~ 4호기, 신고리1·2호기 **총 6기 원전에서** 시차를 두고 소외전원 공급이 중단되어 **비상디젤발전기**가 **자동 기동**되었고,
- ㅇ 정상운전 중이던 **원전 4기**(고리3·4호기 및 신고리1·2호기)가 **정지**

* 고리1호기 영구정지, 고리2호기 계획예방정비 중

- ㅇ 이후 해당 원전별로 **소외전원을 복구**하여 **발전소 안전상태 유지**

□ 태풍 **'하이선('20.9.7.)'의 영향**으로,

- ㅇ **월성2·3호기**의 송전설비에 문제가 생겨 **터빈·발전기가 정지**된 상황에서 소외전원은 유지됨으로써 원자로는 60%출력으로 운전
- ㅇ 현재 **월성2호기는 계획된 예방정비**(9.15일) **착수, 월성3호기는** 원자로 출력을 **40%로** 내려 **유지 중**

□ **원안위는** 사건 최초 발생일(9.3일) 즉시 현장 확인을 통해 **발전소 안전상태를 확인**하고

- ㅇ 한국원자력안전기술원(KINS) **전문가팀을 파견해서 사건조사 실시**

□ 사건조사 과정에서 송변전설비 관련 한전 관리영역에서 이상 유무도 확인하기 위해 **산업부와 협조체계를 구축하여 공동조사** 실시

- ㅇ 원전의 송수전설비에 영향을 미칠 수 있는 스위치야드설비 및 관련 **변전소까지 송변전 설비 조사** 실시

구분	원자로 정지 등	비상디젤발전기 기동	소외전원 복구
고리1호기	영구정지	(A) 9.3일 02:28 (B) 9.3일 02:23	(A) 9.3일 03:35 (B) 9.3일 08:11
고리2호기	정기검사	(A/B) 9.3일 02:54	(A) 9.3일 04:18 (B) 9.3일 04:34
고리3호기	9.3일 02:53	(A) 9.4일 00:29 (B) 9.5일 14:01	(A) 9.5일 20:55 (B) 9.5일 21:30
고리4호기	9.3일 03:01	(B) 9.4일 00:29	(B) 9.4일 06:30
신고리1호기	9.3일 00:59	(A/B) 9.3일 00:59	(A) 9.3일 07:18 (B) 9.3일 10:39
신고리2호기	9.3일 01:12	(A/B) 9.3일 01:12	(A) 9.3일 10:26 (B) 9.3일 10:39
월성2,3호기	9.7일 08:38 및 09:18 (터빈·발전기 정지)		해당없음

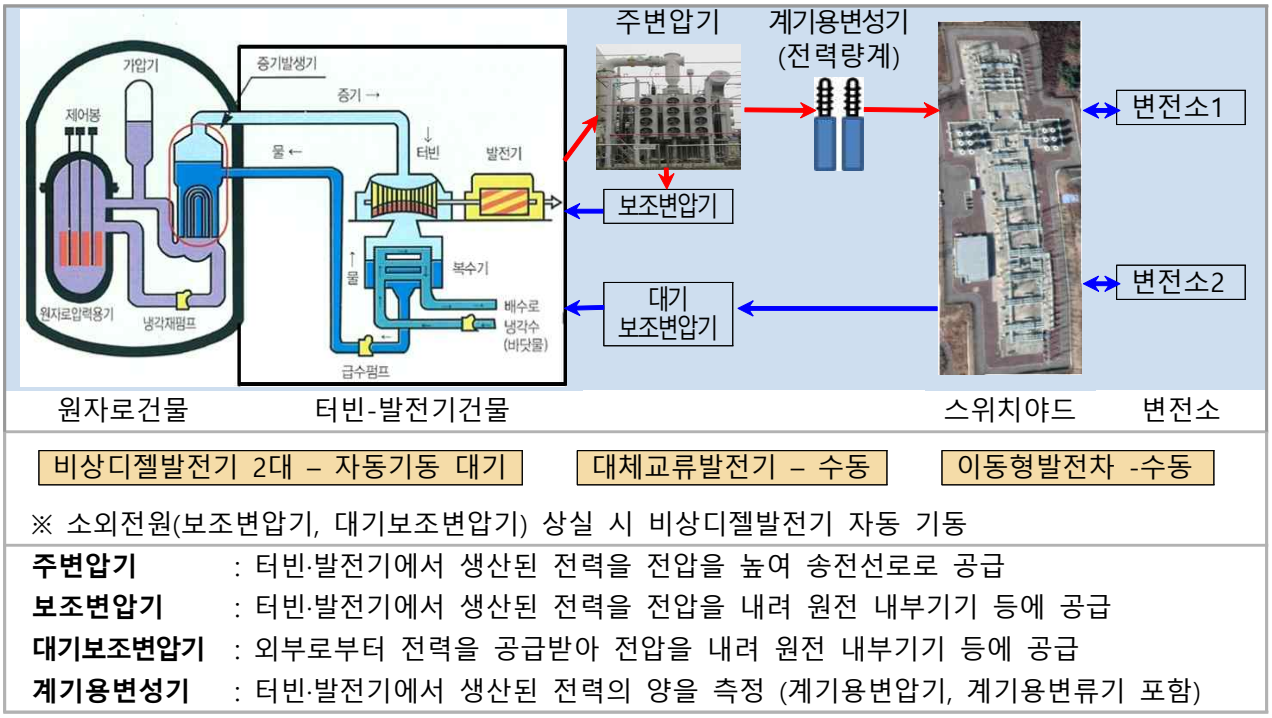
Ⅱ. 조사결과

1 소외전원 차단 원인

□ 터빈건물 옆에 위치한 **송전설비의 절연체**(애자, Insulator)에 섬락*으로 **전류**가 흘렀고, 이로 인해 차단기가 작동

* Flashover 순간적으로 전기가 통하거나 전하를 띤 두 물체가 부딪쳤을 때 불꽃이 튀는 현상

<원자력발전소 전력계통 개략도>



비상디젤발전기 2대 – 자동기동 대기	대체교류발전기 – 수동	이동형발전차 -수동

※ 소외전원(보조변압기, 대기보조변압기) 상실 시 비상디젤발전기 자동 기동

주변압기	: 터빈·발전기에서 생산된 전력을 전압을 높여 송전선로로 공급
보조변압기	: 터빈·발전기에서 생산된 전력을 전압을 내려 원전 내부기기 등에 공급
대기보조변압기	: 외부로부터 전력을 공급받아 전압을 내려 원전 내부기기 등에 공급
계기용변성기	: 터빈·발전기에서 생산된 전력의 양을 측정 (계기용변압기, 계기용변류기 포함)

○ **(고리1·2호기) 계기용 변류기와** 대기보조변압기를 통해 원전에 전기를 공급하는 **수전선로 절연체**에서 **섬락**으로 소외전원이 모두 차단

○ **(고리3·4호기) 계기용 변압기에서 섬락**이 발생하여 원자로가 정지되고 태풍 이후 **대기보조변압기의 피뢰기에서 섬락**이 발생하여 소외전원이 차단

○ **(월성2·3호기) 계기용 변성기 섬락**으로 터빈-발전기가 정지되고 소외전원 1회선은 유지

□ **신고리1·2호기**의 경우, **고압점퍼선과 철골구조물간 섬락**이 발생하여 소외전원이 차단

2 섬락 발생원인

□ **고리1~4호기, 월성2·3호기**의 경우, 태풍당시 강한 해풍으로 인해 외부로 노출되어 있던 **송전설비 등에 염분이 침착됨에 따라 절연체에 섬락**이 발생

○ 특히, **고리3·4호기**의 경우 태풍이 지나간 **다음날에도 태풍당시 부착된 염분을 통해 섬락**이 발생

※ 고리·월성부지에서 측정된 기상조건이 과거 염해발생 사례 기상조건에 해당됨을 확인

구분		고리부지(마이삭)	월성부지(하이선)	염해 기상조건*
풍향		**남동풍(바다→원전)**	**동풍(바다→원전)**	바다→육지
풍속	평균①	19.1 m/s	14.5 m/s	20 ~ 25m/s 이상
	최대②	**32.2 m/s**	**33.1 m/s**	30m/s 이상
지속시간③	12시간	**5.05 m/s**	**9.3 m/s**	5m/s 이상 10시간
	6시간	**6.89 m/s**	**12.1 m/s**	
강우④		**1.3 mm/h**	3.5 mm/h	2mm/h 이하

* 2008, 우석대 소방방재학과 김찬영 "가동원전 배전설비의 풍속작용 및 내오손 기준 정립에 관한 연구"

□ **신고리1·2호기**의 경우, 지지용 철골구조물(갠트리타워)과 고압선 철탑에 **송수전용 고압 점퍼선이 늘어져 설치된 상태에서**

○ 강풍에 의해 **점퍼선이 갠트리타워 및 철탑에 근접하여 섬락**이 발생

3 관련 설비의 품질조사

□ **섬락이 발생한 계기용 변압기 및 변류기는** 품질보증계획서 등에서 규정한 **절차에 따라 구매·검수**되었음을 확인

○ 등급분류(A등급), 품질보증문서, 계약문서 등을 조사하여 **위변조가 없고, 관련 절차 준수**

□ 송전선로 등 **지지절연체는 일반산업품목**으로 품질보증계획서 적용 대상 아님

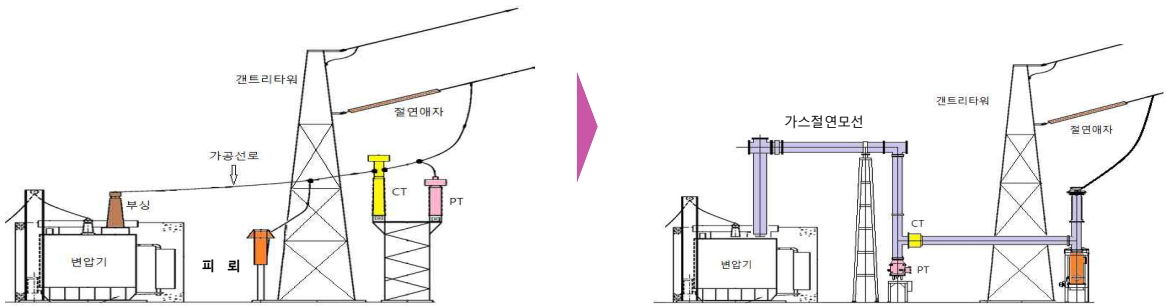
Ⅲ. 재발방지대책

1 **외부에 노출된 변압기 등 설비는** 염해로 인한 섬락방지를 위해 **밀폐형 설비로 변경**

○ 고리2~4호기, 월성2~4호기, 한빛1·2호기 **변압기-갠트리타워 구간**(약 20m)의 외부 노출 설비는 가스절연모선(GIB)**으로 변경**

※ 월성4호기, 한빛1·2호기는 염해가 없었으나, 이번 사례를 반영하여 선제적 변경

[변경 전] [변경 후]



○ **신고리1·2호기 수전선로(154kV) 강압변압기 외부 노출부도 GIB로 변경**하고, 변경이 어려운 스위치야드 구간까지는 피복선로(CV)로 변경

○ **신고리1·2호기 신고리3·4호기 수전선로(154kV)**를 호기별 전용으로 **증설**

2 태풍 등 자연재해 내습 시 외부 요인에 의해 안전운영이 위협될 경우, **비상운영방안 마련**

○ 태풍 등 자연재해 영향범위를 고려하여 **출력감발 또는 사전에 원자로 정지방안 검토**

※ 미국, 대만 등은 태풍 내습 전 원전 출력감발, 사전정지 시행 중

3 강풍으로 섬락이 발생한 **점퍼선에 대한 고정 강화**

○ 강풍으로 절연파괴거리까지 움직였던 **점퍼선에 대한 늘어짐 정도 조정**, 움직임을 제한하기 위한 **지지절연체 추가 설치**(1→3개)

④ **손상**이 확인된 **전력량계, 피뢰기 및 절연체 등**은 **세정 및 실리콘이 코팅**된 제품으로 **교체**

- **주기적 세정 강화** 및 기존 실리콘 코팅된 절연체에 대해서도 **코팅 주기(현행 10 ~ 15년)를 단축(매 5년)**

⑤ **매 계획예방정비마다** 전력설비 **절연체 점검** 및 **절연저항 측정**, 접속금구류 체결상태 점검

- 선로 늘어짐 정도 측정 등 **한전 송전설비 관리 프로그램 반영**

- **전력설비 예방정비기준**에 따라 전력설비 및 부속기기 **주기적 교체** 등

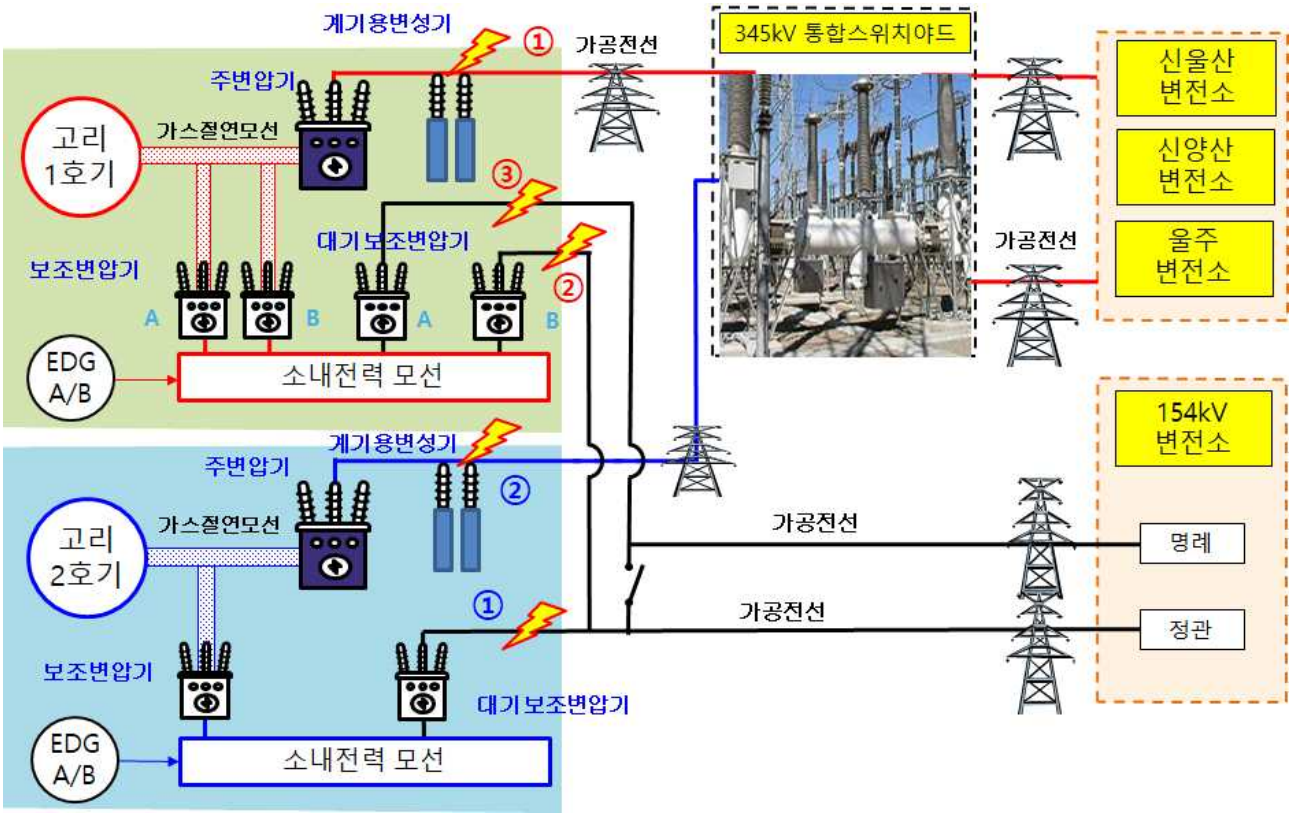
Ⅳ. 향후 계획

□ 손상부품 교체 및 염분제거 등 정상운전을 위한 조치완료가 확인된 이후 **원전별로 재가동 검토 및 허용**

□ **재발방지대책 이행계획 수립**(10월) 및 주기적 **이행결과 점검**

참고1 원전별 소외전원 차단원인

1 고리1·2호기



□ (고리1호기, 영구정지)

① '20.9.3(목) 01:07, 주변압기 후단 **계기용변성기 섬락**으로 345kV 스위치야드 차단기가 개방 ➜ **수전선로(154kV) 전원으로 자동 변경**

② 02:23, 154kV 수전선로 중 **정관-고리 간 정전*으로 B계열 소외전원 차단 ➜ 비상디젤발전기 B 자동 기동**

③ 02:28, 154kV 수전선로 중 **명례-고리 간 정전*으로 A계열 소외전원 차단 ➜ 비상디젤발전기 A 자동 기동**

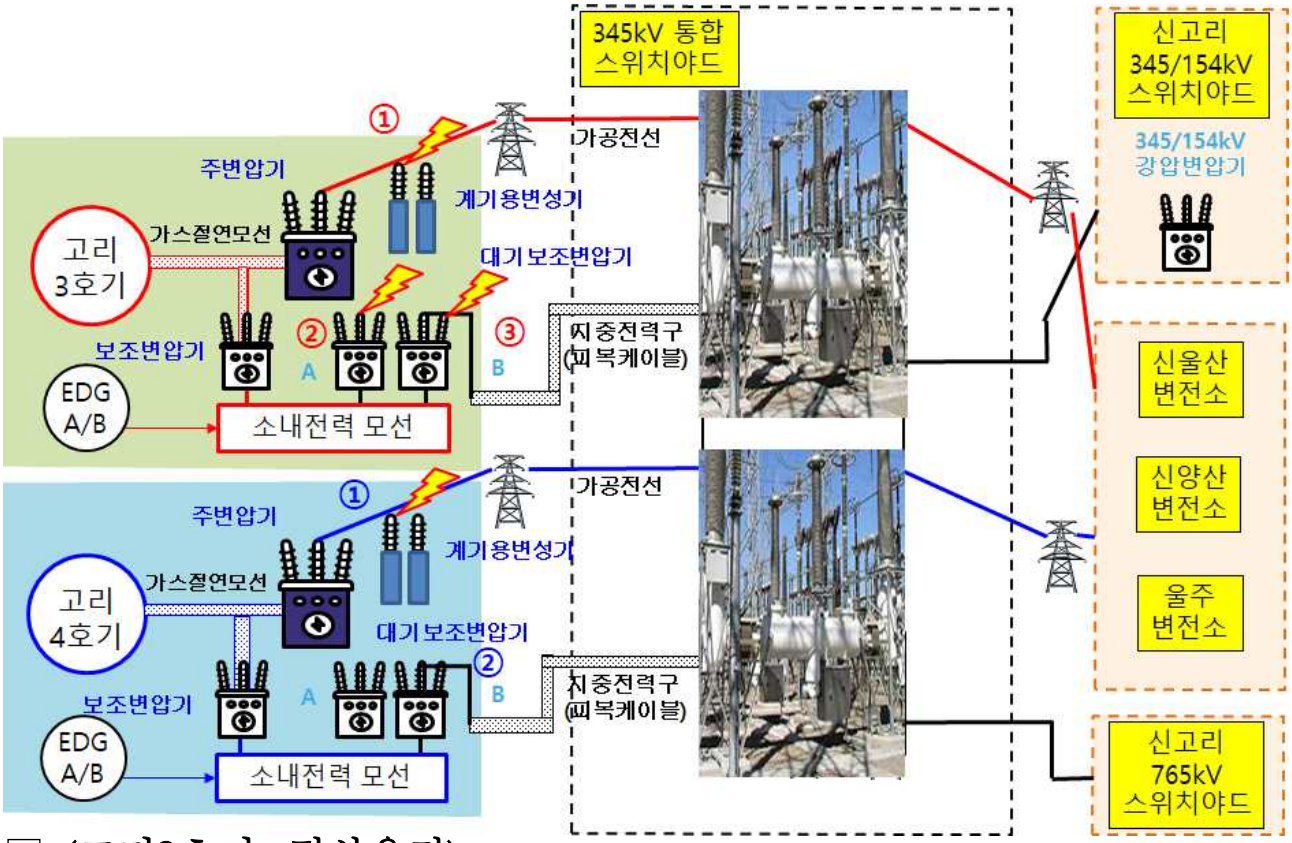
* 154kV 수전선로 스위치야드 내 **지지절연체 섬락**으로 인해 **정관·명례변전소 측 차단기 개방**

□ (고리2호기, 계획예방정비)

① '20.9.3(목) 02:23, **154kV 수전선로** 스위치야드 내 **지지절연체 섬락**에 따른 정관변전소 차단기 개방으로 수전선로 **차단**

② 02:54, 주변압기 후단 **계기용변성기 섬락**으로 345kV 스위치야드 차단기가 개방 ➜ **비상디젤발전기 A·B 자동 기동**

② 고리3 · 4호기



□ (고리3호기, 정상운전)

① '20.9.3(목) 02:53, 주변압기 후단 **계기용변성기 섬락**으로 345kV 스위치야드 차단기가 개방 ➜ **원자로가 정지, 수전선로(345kV)로 전원 자동 변경**

② 9.4일 00:29, 345kV **대기보조변압기 A 피뢰기 섬락**으로 A계열 소외전원 차단 ➜ **비상디젤발전기 A 자동 기동**

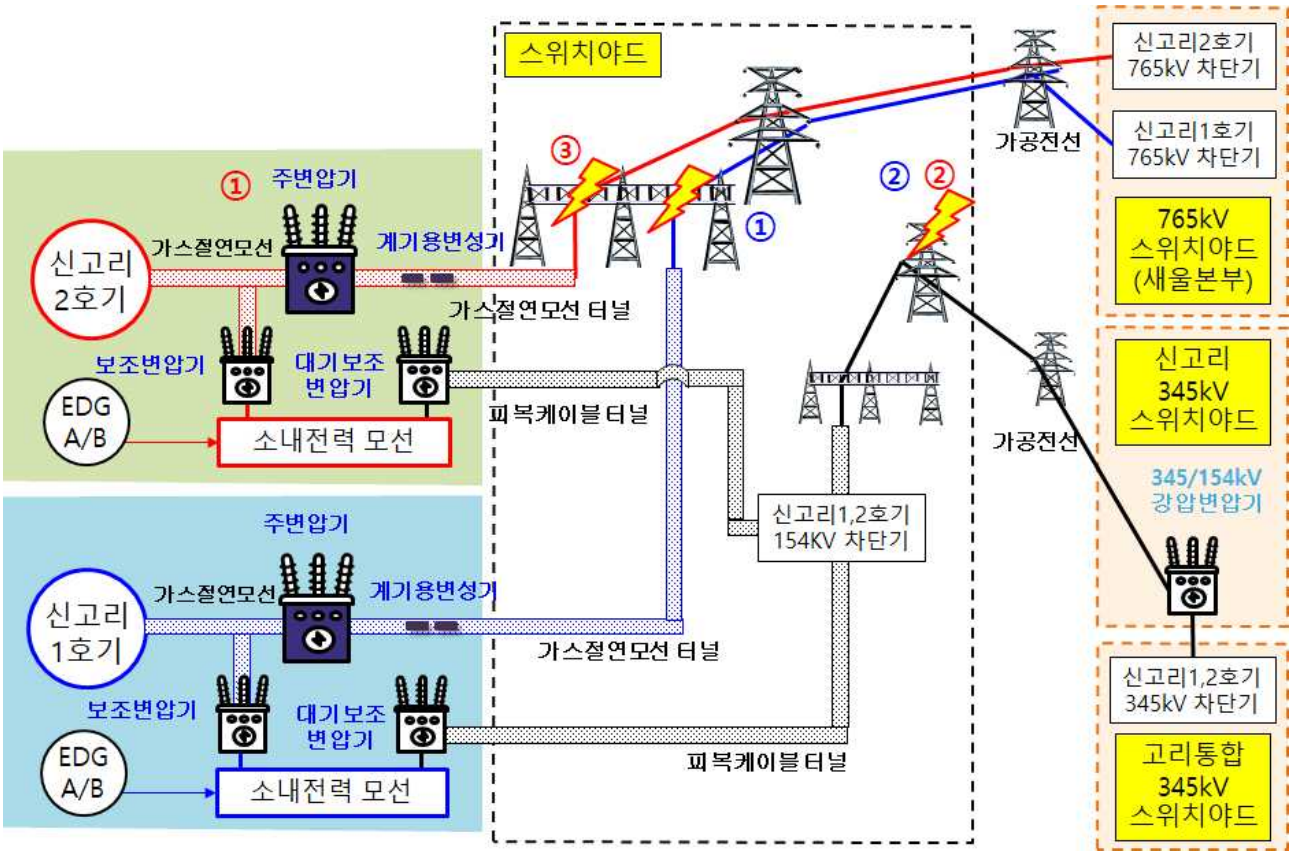
③ 9.5일 14:01, 345kV **대기보조변압기 B 피뢰기 섬락**으로 B계열 소외전원 차단 ➜ **비상디젤발전기 B 자동 기동**

□ (고리4호기, 정상운전)

① '20.9.3(목) 03:01, 주변압기 후단 **계기용변성기 섬락**으로 345kV 스위치야드 차단기 개방 ➜ **원자로가 정지, 수전선로(345kV)로 전원 자동 변경**

② 9.4일 00:29, 345kV **3호기 대기보조변압기 A 피뢰기 섬락**에 의한 고장전류로 4호기 B계열 소외전원 차단 ➜ **비상디젤발전기 B 자동 기동**

3 신고리1 · 2호기



□ (신고리1호기, 정상운전)

① ’20.9.3(목) 00:46, 765kV **송수전선로 섬락**으로 스위치야드 차단기가 개방 ➜ **터빈-발전기 정지, 수전선로(154kV)로 전원 자동 변경**

② 00:59, 154kV **수전선로 섬락**으로 스위차야드 차단기가 개방되어 소외전원 차단 ➜ **원자로 정지** 및 **비상디젤발전기 A·B 자동 기동**

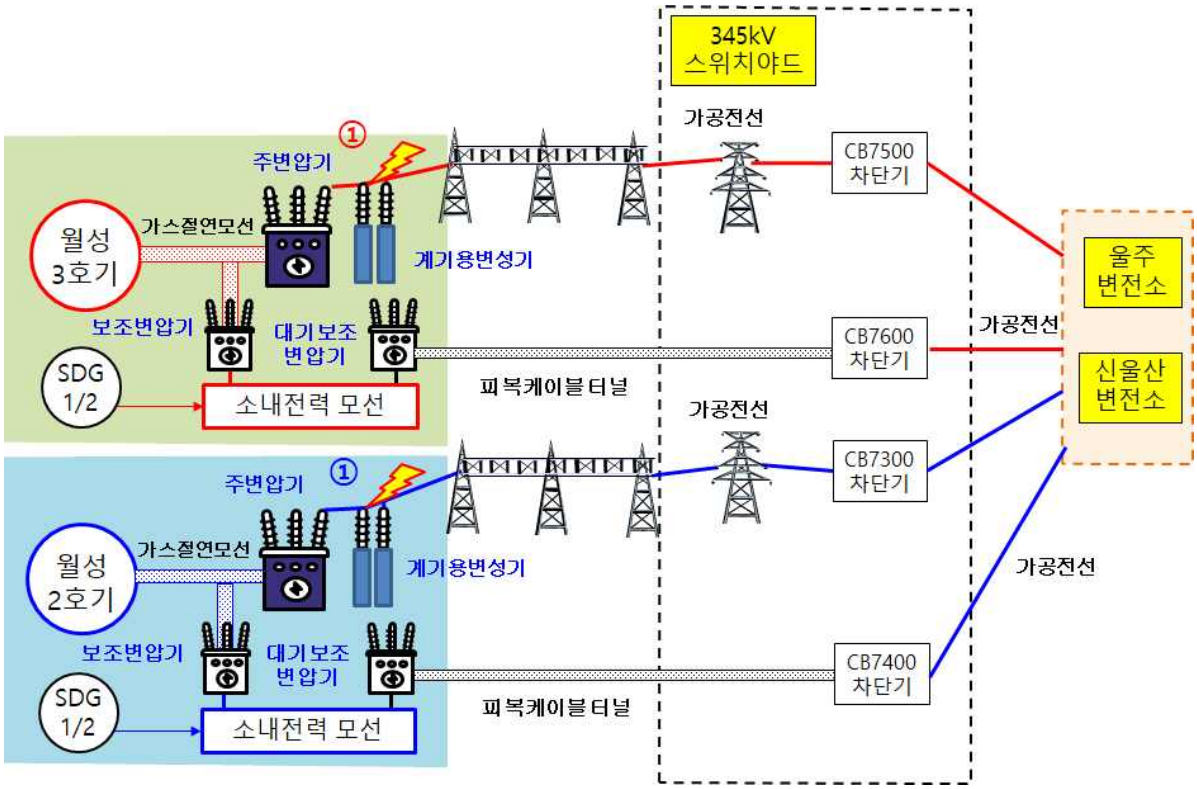
□ (신고리2호기, 정상운전)

① ’20.9.3(목) 00:58, 765kV **고장전류 오신호**로 스위치야드 차단기가 개방 ➜ 출력감발 및 **소내부하운전으로 자동 변경**

② 00:59, 154kV **수전선로 섬락**으로 스위차야드 차단기가 개방

③ 01:12 765kV **송수전선로 섬락**으로 발전기 차단기 개방 ➜ **원자로 정지** 및 **비상디젤발전기 A·B 자동 기동**

4 월성2 · 3호기



예비디젤발전기 (SDG), 소외전원 상실시 기동되어 발전소 안전정지에 필요한 부하에 전력공급

□ (월성2호기, 정상운전)

① '20.9.7(월) 08:38, 주변압기 후단 **계기용변성기 섬락**으로 345kV 스위치야드 차단기가 개방 ➜ **터빈-발전기가 정지**

※ '20.9.15일부터 계획예방정비 착수

□ (월성3호기, 정상운전)

① '20.9.7(월) 09:43, 주변압기 후단 **계기용변성기 섬락**으로 345kV 스위치야드 차단기가 개방 ➜ **터빈-발전기가 정지**

※ 원자로 40% 출력 운전 중

참고2 고리, 월성원전 통과 주요 태풍 현황 분석

❶ 고리원전 통과 주요 태풍 현황

순번	태풍이름	태풍 통과 일자	10분 최대풍속 (m/s)	순간 최대풍속 (m/s)	강우량 (mm)	최저기압 (hPa)	최대풍속 시 주요 풍향
1	**하이선**	**2020년 9월 7일**	**19.7**	**29.2**	**94.6**	**920**	**동남동**
2	**마이삭**	**2020년 9월 3일**	**22.0**	**32.2**	**20.2**	**935**	**남**
3	미탁	2019년 10월 2일	10.1	18.5	101.6	965	남남동
4	다나스	2019년 7월 20일	11.6	18.8	136.2	985	남남서
5	**콩레이**	**2018년 10월 6일**	**20.9**	**33.7**	**47.8**	**900**	**남남서**
6	솔릭	2018년 8월 24일	14.4	21.7	4.8	950	남남서
7	**차바**	**2016년 10월 5일**	**12.9**	**22.4**	**117.6**	**905**	**동남동**
8	덴빈	2012년 8월 30일	13.3	19.3	1.5	940	남남동
9	볜무	2010년 8월 11일	19.1	26.2	54.0	985	남동
10	메기	2004년 8월 19일	17.5	확인불가	38.5	970	동
11	**매미**	**2003년 9월 12일**	**22.5**	확인불가	**75**	**910**	**동남동**
평균			16.7	23.8	62.9	-	-

❷ 월성원전 통과 주요 태풍 현황

순번	태풍이름	태풍 통과 일자	10분 최대풍속 (m/s)	순간 최대풍속 (m/s)	강우량 (mm)	최저기압 (hPa)	최대풍속 시 주요 풍향
1	**하이선**	**2020년 9월 7일**	**21.0**	**33.1**	**65.50**	**920**	**동**
2	**마이삭**	**2020년 9월 3일**	**23.0**	**35.2**	**21.0**	**935**	**남동**
3	**미탁**	**2019년 10월 2일**	**11.0**	**17.3**	**151.0**	**965**	**남동**
4	**다나스**	**2019년 7월 21일**	**7.4**	**11.9**	**5.5**	**985**	**남동**
5	콩레이	2018년 10월 6일	14.3	28.4	83.5	900	남남서
6	솔릭	2018년 8월 24일	9.4	18.0	2.5	950	남남서
7	차바	2016년 10월 5일	14.9	25.1	240.5	905	동북동
8	덴빈	2012년 8월 30일	확인불가			940	남
9	볜무	2010년 8월 11일	9.0	13.7	60.5	985	남남동
10	**메기**	**2004년 8월 19일**	**확인불가**			**970**	**동**
11	매미	2003년 9월 12일	확인불가			910	남
			13.8	22.8	78.7	-	-