

765kV 초기가압 운전계통에서의 안정도 검토

장경철, 궤노홍, 박정호, 김태옥
전력연구원, 한국전력

A study of Stability at Initial Energization on 765kV power system

Jang Kyoung-Cheol, Kwak No-Hong, Park Jeong-Ho, Kim Tai-Ok,
KEPRI, KEPCO

Abstract - A 765kV Transmission line system plays an important role in delivering the electric power produced at mid-western in Korea. This system will be constructed and operated normally on 2002. By doing the number of test operation in a given time, the reliability on the operation of 765kV transmission system could be secured

1. 서 론

한전에서는 우리나라 중서부지역의 대규모 발전단지에서 생산되는 전력수송의 핵심역할을 수행할 신서산-신안성간 765kV 선로를 2002년에 준공하여 정상적으로 운용할 예정이다.

본 논문에서는 765kV 초기 가압운전 계통을 대상으로 여러 가지 계통해석용 Tool을 이용한 계통해석 측면의 검토와 시운전 계획 연계에 의한 조합 검증을 통하여 가압시 예상되는 문제점을 사전에 해결하고, 발생 가능한 제반현상을 모의하고 이에 대한 대책을 수립함으로써 신규 초고압 송전설비에 대한 신뢰성과 계통운용의 안정성을 도모하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 765kV 초기가압 운전계통에서의 안정도 검토

765kV 초기 가압운전계통에서의 안정도 검토를 위하여 시운전 구간 및 주요 용통전력을 담당하는 6개 복잡 선로들을 대상으로 이들 각각의 선로들이 차단되었을 경우 발생하는 각 선로들의 조류상태, 모선전압, 과도안정도를 검토하였다.

2.1.1 검토대상 계통도

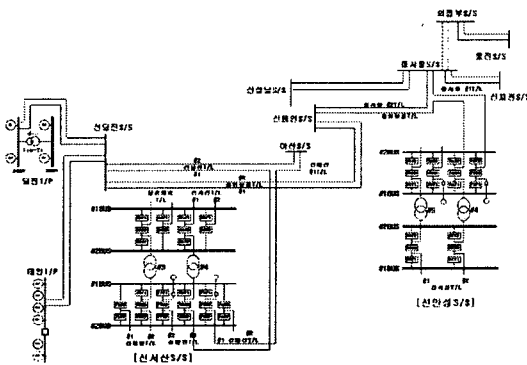


그림 1. 검토 계통도

765kV 초기가압 운전에 따르는 제반현상의 사전검토를 통한 시행착오 최소화 및 시운전 정보 제공 등을 위

한 연구를 수행한 계통은 2001년 동계 계통으로 관련계통으로 축약하여 나타내면 그림1과 같으며 이를 대상으로 선로조류, 고장용량, 과도안정도 등을 검토하여 시험 가압 계통에서의 안정도를 분석하였다.

2.1.2 조류검토

765kV 시험가압 계통에서 정상상태 및 345kV 1루트 차단시 계통의 과부하 및 전압 검토 기준은 다음과 같다.

- 가. 송변전 설비 및 과부하 검토 기준
 - 정상시 : 정격용량의 100% 초과
 - 상정사고시 : 정격용량의 150% 초과
- 나. 전력계통 전압유지 검토 기준
 - 정상시 : 336kV~360kV (0.975pu~1.043pu)
 - 상정사고시 : 328kV (0.95pu) 이상
- 다. 검토대상계통
 - 중부하(23시) : 42400MW (역률 : 94%)
 - 주간피크(14시) : 37200MW (역률 : 93%)
 - 오프피크(05시) : 27700MW (역률 : 97%)

정상계통에서 주요 선로조류를 보면 중부하시 아산-화성간 조류가 55% 수준인 점을 제외하면 대부분의 선로가 적정수준의 조류를 유지하고 있으며, 시운전 계통이 구성됨에 따라 신당진-아산과 신당진-신서산간 및 신용인-동서울간과 신용인-신안성간의 조류가 편중되는 현상이 있으며 신서산과 신안성 저압측(345kV)가 모선분리될 경우 조류 편중이 더 가중될 것으로 분석되었다.

표 1. 정상상태시 주요 선로의 조류

구분	선로(FROM-TO)	유효전력 (MW)		무효전력 (MVAR)		선로부하율 (%)		비고
		경부하	중부하	경부하	중부하	경부하	중부하	
시운전 구간 선로	신용인-신안성간 1회선	199	263	-80	-105	19	25	변압기 By-Pass
	신용인-신안성간 1회선	169	185	-54	-70	15	17	변압기 경유
	신용인-동서울간 1회선	199	263	-66	-93	19	25	
	신당진-신서산간 1회선	868	983	-9	53	38	44	변압기 By-Pass
	신당진-신서산간 1회선	357	418	16	37	16	19	변압기 경유
	신당진-아산간 1회선	932	1214	2	56	42	54	
복잡 조류 선로	아산-화성간 2회선	1967	2440	-202	-244	44	55	
	청양-서서울간 2회선	1232	1382	-128	-157	28	31	
	신계천-동서울간 2회선	1486	1224	-150	-265	33	29	
	신당진-신용인간 2회선	765	1364	-131	21	18	31	
	청원-신용인간 2회선	610	413	-220	-327	29	28	
	울진-의정부간 2회선	1231	1257	63	57	30	28	

시운전구간 및 용통전력 담당선로 고장시 송전선로의

과부하는 우려가 없으나 신당진-신서산, 신당진-아산간 선로가 고장시 신당진 M.Tr와 아산 M.Tr에서 변압기의 과부하 우려가 있는 것으로 검토되었다.

표 2. 시운전 구간 상정사고시 선로 및 변압기 부하

상정사고	조류계산결과		
	중(파)부하 선로 및 변압기	경부하시 (%)	중부하시 (%)
신당진-신서산 신당진-아산 동시고장	신용인-동서울간 1회선	62	85
	신용인 M.Tr	69	89
	청원 M.Tr	46	87
	신옥천 M.Tr	63	86
신당진-아산간 1회선	신당진 M.Tr	135	146
	신당진-아산간 1회선	62	78
	청원 M.Tr	46	86
	신옥천 M.Tr	62	83
신당진-신서산 1회선 고장	아산 M.Tr	99	117
	아산-화성간 2회선	55	65
	신용인 M.Tr	68	88
신용인-동서울 신용인-신안성 동시고장	청원 M.Tr	47	89
	신옥천 M.Tr	61	82

시운전 구간 및 복사선로에 고장을 모의한 후 주요 모선의 전압을 검토한 결과 표 3과 같이 모선 전압이 안정한 상태로 유지됨을 알 수 있다.

표 3. 주요 모선의 전압 (단위 : pu)

변전소명	정상상태		상정사고							
			신당진-아산 신서산-아산 T/L 2회선		신당진-신서산 신당진-아산 T/L 2회선		아산T/L		울정T/L	
	05시	23시	05시	23시	05시	23시	05시	23시	05시	23시
신안성	1.037	1.024	1.029	0.990	1.027	0.990	1.026	0.995	1.031	1.011
신서산	1.022	1.014	1.002	0.981	1.020	0.993	1.012	0.994	1.019	1.009
의정부	1.037	1.032	1.039	1.024	1.039	1.024	1.032	1.022	1.037	1.028
동서울	1.044	1.035	1.042	1.022	1.041	1.022	1.035	1.021	1.032	1.022
화성	1.031	1.025	1.033	1.019	1.034	1.019	1.031	1.023	1.027	1.018
서서울	1.031	1.025	1.033	1.017	1.033	1.018	1.029	1.016	1.032	1.023
신용인	1.035	1.030	1.037	1.023	1.038	1.023	1.022	0.986	1.029	1.006
청원	1.019	0.996	1.019	0.989	1.018	0.990	1.010	0.986	1.024	1.013
신당진	1.014	0.984	1.011	0.969	1.010	0.970	1.013	0.997	1.021	1.013
아산	1.027	1.018	1.023	1.006	1.023	1.007	1.009	0.985	1.019	1.003

구성된 시운전 계통에서는 상시 및 상정사고시 선로 과부하의 우려가 없으나 345kV 신당진-아산, 신당진-신서산간 동시 고장시 및 신당진-신서산간 1회선 고장의 경우 345kV 변압기에 과부하가 발생되었다. 그러나, 이 경우 154kV 계통 전체 등으로 해소가 가능한 것으로 분석되었다.

2.1.3 고장용량 검토

시운전 계통이 구성됨에 따라 현재 설치 되어있는 차단기의 설치 용량의 적정성을 검토하기 위하여 계통의 전체 모선을 대상으로 각각 3상 단락고장이 발생하였을 경우에 대한 모선의 고장용량을 검토하고, 고장용량이 초과하는 모선에 대하여 그 대책을 제시함으로써 계통의 안정도를 검토하였다. 검토기준은 다음과 같다.

- 765kV 차단기 차단용량 : 50kA
- 345kV 차단기 차단용량 : 40kA 또는 63kA
- 154kV 차단기 차단용량 : 31.5kA 또는 50kA

각 모선에 고장을 인가되었을 경우 변전소의 차단기 용량을 초과하는 변전소들은 표4와 같으며 이는 05시, 14

시, 23시로 구분하여 검토하였다.

표 4. 고장용량 초과 변전소

변전소명	전압 (kV)	차단용량 (kA)	고장전류 (kA)				조치사항
			05시	14시	23시	조치후 (23시)	
과천	154	31.5	29,182	33,879	34,460	28,000	동안양 모선연전후 동안양 파천 선로분리
내담			31,604	32,462	33,099	25,763	관달-강합 선로분리
논공			30,688	31,461	32,507	26,189	관달-강합 선로분리
관달			32,687	33,823	34,539	25,543	관달-강합 선로분리
울산 S/S			26,204	31,417	35,343		01.12 차단기 교체 (차단용량 : 50kA)

전 모선의 고장용량을 조사한 결과 차단용량 초과개소 5개소를 제외하고는 차단기 차단용량 범위내에서 차단기의 동작이 가능하고 이 때의 765kV 및 주요 345kV 모선의 고장전류는 다음과 같다.

표 5. 주요 모선 고장용량

변전소	전압 (kV)	차단용량 (kA)	고장전류 (kA)		
			05시	14시	23시
신안성	765	50	5.172	5.548	5.605
			4.409	5.652	5.670
			4.710	4.969	5.035
의정부	345	40	23.291	29.795	32.710
			26.948	34.100	37.543
			16.251	17.864	18.378
			21.952	29.009	29.697
			24.377	28.060	29.117
			23.178	26.645	27.323
			31.648	38.218	39.638
			22.332	26.527	27.349
			30.165	34.316	37.119
			28.692	32.965	36.995
			31.845	34.944	37.807
			의령		63

2.1.3 과도안정도 검토

상정사고 모의시 가장 열악한 조건인 3상 재폐로 실패시를 주 고려대상으로 하고 RTDS에서 단상재폐로 모의가 가능한 일부 선로에 대해서는 단상 재폐로 실패를 모의하였다. 대상선로는 중부발전단지 및 영동 발전단지 인접선로와 765kV 시운전 선로 및 주요 복사선로에 대하여 모의하였다. 검토할 계통의 부하 특성은 표 6과 같다.

표 6. 부하모델

적용 데이터	구분	정전력(%)	정전류(%)	정임피던스(%)
05시	유효전력부하	50.8	14.9	34.3
	무효전력부하	30.4	29.4	40.1
23시	유효전력부하	46.0	16.6	37.4
	무효전력부하	32.5	33.9	33.6

RTDS에서는 실계통을 Hardware로 구성하여 계통 해석을 하기 때문에 대규모 계통해석시 제약이 따른다. 이러한 제약을 해소하기 위하여 PSS/E 데이터를 이용하여 계통 축약을 한 후 RTDS에서 해석이 가능하도록 데이터 변환을 하여 계통을 해석하게 되는데 본 검토에서 사용한 축약계통은 표 7과 같다.

표 7. 축약계통

구분	모선	발전기	송전선로	
05시	축약전	846	64	1593
	축약후	200	64	383
23시	축약전	846	178	1593
	축약후	294	130	497

고장 모의선로 및 고장 상정조건 검토 Case는 표 8과 같다.

표 8. 고장상정조건 검토 CASE

상정고장	05시	23시	765kV 변압기 경유시 (05시 및 23시)	
	3상제대로	3상제대로	단상제대로	3상제대로
신당진-신서산 신당진-아산간 동시고장시	●	●	○	-
신당진-신용인간 2회선 고장시	●	●	○	-
아산-신당진 아산-신서산간 동시고장시	●	●	-	-
울진-동해간 2회선 고장시	●	●	○	-
울진-의정부간 2회선 고장시	●	●	○	-
울진-신영주간 2회선 고장시	●	●	○	-
신용인-동서울 신용인-신안성간 동시고장시	-	○	-	-
동서울-신용인 동서울-신안성간 동시고장시	-	○	-	-
아산-화성간 2회선 고장시	-	○	-	-
신재천-동서울간 2회선 고장시	-	○	-	-
신당진-아산간 1회선 고장시	-	-	-	○
신용인-동서울 1회선 고장시	-	-	-	○
신당진-아산, 신용인-동서울간 2회선 동시고장시	-	-	-	○

※ 1. ● : PSS/E 및 RTDS, ○ : RTDS, ○ : PSS/E를 이용하여 검토
2. 3상제대로 실패시가 과도안정도상 문제가 되었으며 검토결과 그림은 모두 3상제대로 실패시 모의한 결과임

계통의 과도안정도를 관찰하기 위하여 검토 선로의 각 모선에 고장을 인가한 후 재폐로 Scheme를 적용한 결과 파와 문제점이 발생한 사고에 대한 안전운용방안을 표 9와 10에 제시하였다.

표 9. 05시 과도안정도 결과

상정고장	상차각(각속도)		안전운용방안	최대상차각 (각속도)
	초기	최대		
신당진-아산, 당진-신서산간 동시 고장시	67.383 (377)	동기탈조	태안 2기 순시차단	110.59 (376)
신당진-아산, 신서산-아산간 동시 고장시		동기탈조	태안 2기 순시차단	96.08 (376)
울진-동해간 2회선 고장시		동기탈조	울진 1기 순시차단	154.35 (376)
울진-신영주간 2회선 고장시		동기탈조	울진 2기 순시차단	111.14 (373)
울진-의정부간 2회선 고장시		동기탈조	울진원차력 발전소 발전력 조정후 울진1기 순시차단	101.17 (376)
		동기탈조	울진 1기 순시차단	135.52 (376)

※ 1. ()는 RTDS 검토결과

표 10. 23시 과도안정도 결과

상정고장	상차각(각속도)		안전운용방안	최대상차각 (각속도)
	초기	최대		
신당진-아산, 신당진-신서산간 동시 고장시	81.253 (377)	동기탈조	태안 3기 순시차단	151.7 (376)
아산-신당진, 아산-신서산간 동시 고장시		동기탈조	태안 2기 순시차단	150.96 (376)
울진-동해간 2회선 고장시		동기탈조	울진 1기 순시차단	148.12 (376)
울진-신영주간 2회선 고장시		동기탈조	울진 1기 순시차단	151.37 (376)
울진-의정부간 2회선 고장시		동기탈조	울진 1기 순시차단	144.50 (376)

※ 1. ()는 RTDS 검토결과

RTDS로 모의한 결과 그래프는 그림 2~5에 나타나고 있으며 제시한 안전운영방안을 적용한 결과를 나타낸 것이다.

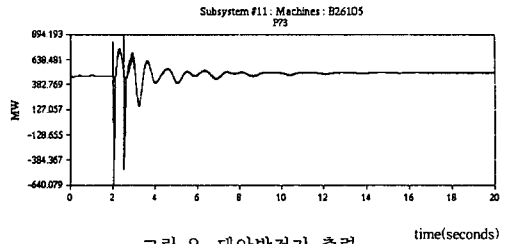


그림 2. 태안발전기 출력

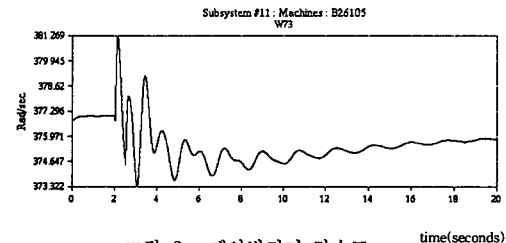


그림 3. 태안발전기 각속도

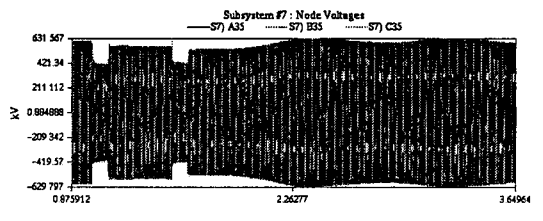


그림 4. 신안성S/S 765kV 모선 상전압

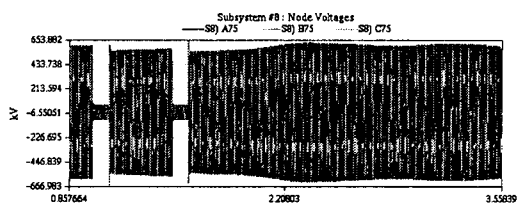


그림 5. 신서산S/S 765kV 모선 상전압

3. 결 론

2002년에 준공 예정인 신서산과 신안성간 765kV 선로의 성공적인 상업운전에 대비하여 765kV 시운전과 관련한 다양한 운전 조건에서의 계통을 모의 해석하고, 그 결과를 분석하였다. 최초 시운전은 물론 준공 후 상업 운전에도 따르는 시행착오를 최소화함으로써 발생할 문제점을 사전에 제거하고자 하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] 전력연구원, "전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정 부하 모델에 대한 연구", 2001.3
- [2] 전력연구원, "765kV 초기압 운전에 따른 제반 현상 분석 및 비교 검증", 2001.11