

시화호 조력발전소 운전에 따른 전력계통 특성 분석에 관한 연구

김규호*, 송경빈**, 김상민***, 최홍석***
 *한경대학교, **송실대학교, ***한국전력거래소

A Study on Power System Characteristics by Installing SIHWA Tidal Power Plant

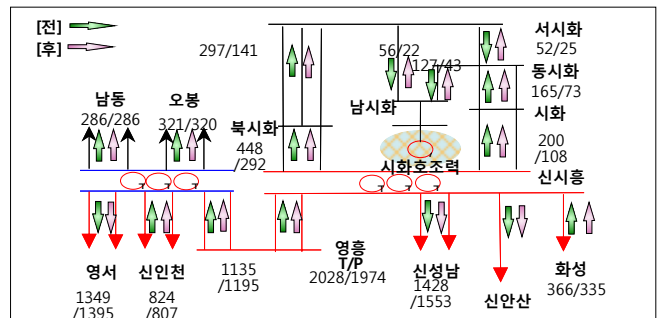
Kyu-Ho Kim*, Kyung-Bin Song**, Sang-Min Kim***, Hong-Seok Choi***
 *Hankyong National University, **Soong-Sil University, ***Korea Power Exchange

Abstract - This paper presents a method to analysis the effect for integrating Sihwa tidal power into power systems. Especially, power flow, fault current, voltage and contingency of sihwa tidal power plant area are calculated and the generation characteristics of tidal machine are analyzed.

화량이 상대적으로 높았다. 그 외 발전소 인근지역을 제외한 기타지역에서는 별다른 특이사항이 발생하지 않았다.

1. 서 론

해양에너지의 하나인 조력발전은 부존자원이 부족한 우리나라에 있어 풍력, 태양광, 연료전지 등과 같은 신재생에너지의 보급과 더불어 관심이 높아지고 있으며, 2011년 시화방조제에 254,000kW의 조력발전소가 건설되어 시범운전을 하고 있다[1]. 조력발전은 캐나다, 중국, 프랑스, 구소련 등에서 건설해 운영하고 있으며, 미국, 호주, 인도 등의 국가에서도 조력발전 가능지역에 대하여 조사 작업이 한창이다[2,3]. 이러한 조력발전소가 건설되어 계통에 접속되었을 때 계통영향에 대하여 평가하는 것이 필요하다. 우리나라의 경우 시화조력발전 계통연계에 따른 시간대별 발전량 산정에 관한 연구, 조력발전이 상용 운전이 되었을 경우에 대한 경제성 및 합리적인 운영에 관한 연구 등이 진행되었다[4]. 그러나 시화조력발전 접속에 따른 조류에 대한 분석은 되어 있지 않은 상태이다.



〈그림 1〉 시화조력 인근의 조류량의 변화

본 논문에서는 시화조력발전 접속에 따른 계통영향을 분석하였다. 특히, 시화조력 발전소 인근 지역의 조류량, 고장전류, 전압 및 상정고장에 대하여 분석하고, 시화조력 발전소 발전 특성을 분석하였다.

2.2 고장전류 분석

발전기는 고장전류의 소스로 작용해 발전기가 신설 운영되게 되면, 일반적으로 고장전류가 증가한다. 시화호 조력발전소는 기존 발전소에 비해서 설비 규모면에서는 작지만 인근지역에 345kV 신시흥S/S, 345kV 신성남 등과 같은 고장전류가 높은 개소가 있으므로 발전소 신설에 따른 고장전류의 변화량을 살펴보았다. 표 2는 시화호 조력발전소 인근계통의 주요모선 고장전류를 나타낸 것이다. 발전소 신설로 인하여 전체적으로 고장전류가 증가하게 되었지만 차단기의 정격용량을 초과하는 경우는 발생하지 않아 고장전류 측면에서는 문제점은 없다고 할 수 있다. 고장전류의 증가폭이 가장 높은 개소는 154kV 신시흥S/S로 발전소 신설전 35.03kA에서 발전소 투입후 37.04kA로 2.01kA의 증가폭을 보였다. 그 외 기타 개소에서는 고장전류 변화폭은 크지 않았다.

2. 계통영향 분석

계통영향 분석을 위해서 금년 여름철 전력수요인 75,194MW로 하였으며, 부하역률은 전국단일 93.4%를 적용하였다. 모델링에 사용된 발전기에 대한 정보는 표 1에 나타내었다. 또한, 주변압기의 변압기 탭 위치와 관련해서는 전력거래소에서 사전에 검토되어 결정된 1번 탭 (10.2kV/161.7kV)을 적용하여 PSS/E DB를 구축하였다.

〈표 2〉 주요모선 고장전류

[단위 : kA]

〈표 1〉 시화호 발전소 현황

	정격용량(MW)	정격전압(kV)	임피던스(%)
발전기	25.4×10	10.2	37
주변압기	116×2, 58×1	154/10.2	7.76

발전소명	정격용량	변경전	변경후	편차
신시흥154	50	41.10/35.03	41.15/37.04	+0.05/+2.01
신시흥345	63	51.15/43.31	51.26/44.17	+0.11/+0.86
신성남154	50	44.06/46.41	44.19/46.52	+0.13/+0.11
신성남345	40	37.46/36.53	37.66/36.72	+0.2/+0.19

2.1 조류량 분석

시화호 조력발전소 신설로 인한 인근 계통의 선로 조류량 변화를 살펴 보았다. 시화호 조력발전소 신설로 인해 정상상태에서 과부하가 발생하는 선로는 없었으며, 모두 정격용량 내에서 운전이 가능하였다. 시화호 조력발전소 신설로 인하여 변화가 가장 두드러지게 변화한 선로는 154kV 신시흥-북시화#1,2T/L로 발전소 신설전에 448MW 이었던 것이 발전소 투입후 292MW로 156MW의 조류량이 감소되었다. 그 외에도 154kV 북시화-서시화#1~3T/L에서 297MW에서 141MW로 감소하여 변

2.3 전압 분석

신뢰도 고시 제2장 전기품질에 따르면 전력계통 운영에 있어 전압조정목표치를 유지하여야 한다. 따라서 전력설비의 변경이 발생하면, 정상상태 및 상정고장 상태에서 전압이 어느 정도의 수준에서 유지되는가를 살펴보아야 한다. 시화호 조력발전소 신설에 따른 전압의 변동폭은 인근계통에서 전압이 상승하긴 했지만 그 변동폭은 크지 않았다. 345kV 신시흥S/S, 154kV 남시화S/S에서 0.6kV의 편차가 발생하여 가장 높은 상

승폭을 보였으며, 그 외 기타 지역에서는 최소 0.1~0.6kV내에서 편차를 보였다.

〈표 3〉 주요모선 전압

[단위 : kV]

모선명	신시흥		신성남 345kV	남시화	동시화
	154kV	345kV			
변경 전	161.3/160.1	353.6/354.2	355.5/356.6	159.6	159.7
변경 후	161.4/160.5	353.9/354.8	356.0/357.0	160.2	160.2
편차	+0.1/+0.4	+0.3/+0.6	+0.5/+0.4	+0.6	+0.5

2.4 상정고장 분석

상정고장 발생시 대책 방안이 필요할 정도의 과부하가 발생하는지 혹은 신뢰도 고시에서 정하는 전압조정목표치를 벗어나는 개소가 발생하는 지에 중점을 맞추고 분석을 하였다. 모의시 적용된 상정고장의 범위는 2중 고장으로 한정하였다. 분석결과 특이사항은 발생하지 않아 시화호 조력발전소 신설로 인한 운영상의 문제점은 발생하지 않는 것으로 판단을 내릴 수가 있었다. 상정고장 케이스 중 154kV 남시화-시화호조력T/L 상정고장으로 인한 발전력 탈락 모의시 조류계산으로 한정하였으므로 전압이나 과부하 발생여부 정도 만 분석하였다. 그러나 조력발전소의 발전기 모델링을 통해서 다이나믹 모의를 시행하여 인근 발전기로의 과급발생 여부를 분석할 필요가 있다.

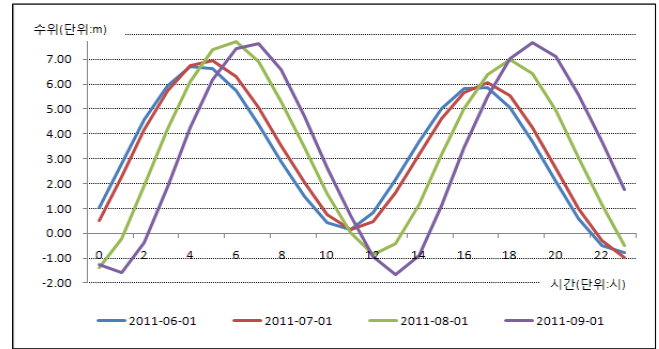
3. 시화호 조력발전소 발전특성 분석

3.1 발전패턴 분석

일반적으로 전력계통 분석시 발전기의 발전량은 기저값으로 전력수요에 증가 및 계통 상황에 따라 검토자가 정할 수 있다. 하지만 시화호 조력발전소의 경우는 발전량이 수위에 따라 변화하기 때문에 변동성이 매우 크다. 따라서 발전패턴에 대한 분석을 시행하여 이에 대한 분석을 검토의견에 반영할 필요가 있었다. 그림 2는 호수측 수위 -3.0m를 기준으로 계산된 2011년 6~9월의 운영시간별 예상 수위변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프를 통해서 알 수 있듯이 수위가 정격최대 용량으로 운전 가능한 5.8m 이상이 되는 시간이 시간에 따라 변화하는 것을 알 수 있다. 그래프를 보면 6월의 경우 수위가 4시, 16시에 최고였지만, 9월의 경우는 7시, 19시였다. 수위 패턴 분석을 통하여 최고수위에 이르는 시간이 계절에 따라 변화한다는 점을 확인 할 수 있었으며, 이에 따라 발전기의 운전 가능한 시간대 또한 유동적이라는 점을 알 수 있었다. 이러한 발전유동성에 대한 보완을 하기 위하여 발전운영계획 수립을 위한 전력거래소와의 협조가 필요하며, 발전기의 주간발전계획을 전력거래소 수급계획팀과 중앙급전소 급전운영팀에 제출하여야 한다.

3.2 발전제어 특성 분석

시화호 조력발전소의 발전량을 결정하는 가장 큰 요소는 수위이지만 동일 수위에서는 알파각과 베타각 제어를 통하여 일정 범위내에서 발전량 조절이 가능하다. 표 4는 수위별 알파각과 베타각 제어에 따른 발전량 변화를 나타내고 있다. 수위가 5.82m에서 알파각, 베타각 제어를 통해서 정격용량으로 운전이 가능할 뿐만 아니라, 동일 수위에서 알파각을 줄이고 베타각을 늘리면 발전량을 14.653MW까지 감발하는 것도 확인할 수가 있다. 그러나 수위가 1m에서는 알파각을 최대한 증가시켜도 발전량이 2MW에도 못 미치는 것으로 제어각 조절을 통한 발전기 증·감발에는 분명한 한계점이 있다는 점을 확인 할 수 있다. 표 4로부터 수위가 5.8m 이상이 되면, 알파각과 베타각 제어를 통해 정격용량으로 운전이 가능하지만 수위가 5.8m 미만일 경우 발전량은 정격용량 이하로 감소하며 수위가 감소할수록 알파각과 베타각 제어를 통한 발전기 증·감발 조정폭은 감소한다는 것을 알 수 있다.



〈그림 2〉 시간별 수위변화

〈표 4〉 제어각 조절을 통한 발전량 조정

수위(m)	알파각(°)	베타각(°)	발전량(MW)
5.82	58.03	19	14.653
	62.02	21	16.206
	65.99	24	18.398
	71	30	22.497
	73.01	34	25.262
	74.01	35	26.087
3.41	67.01	19	7.863
	70.01	21	8.626
	80.99	24	13.518
2.6	82.54	32	8.837
	83.61	34	9.223
1	79.02	19	0.957
	83.54	26	1.159

4. 결 론

본 논문에서는 2011년 신설되어 시범운영 중인 시화호 조력발전소를 대상으로 계통영향을 분석하였다. 시화호 조력발전소가 계통에 연계되었을 때 조류량, 고장전류, 전압 및 상정사고 등에 대하여 분석하여 계통 운영상 대책방안 필요할 수준의 문제점은 발생하지 않음을 알 수 있었다. 또한, 시화조력 발전소의 발전특성을 분석하였으며 수차발전기의 회전자 날개의 알파각, 베타각 제어를 함으로써 수위가 변화함에 따라 제어각을 조절하여 발전량을 변화시켜 제어각의 범위를 결정할 수 있었다.

향후 연구로는 조력발전소의 발전기 모델링을 통해서 다이나믹 모의를 시행하여 인근 발전기로의 과급발생 여부를 분석할 필요가 있다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2007-P-EP-HM-E-09-0000)

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, “제2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2003~2012)”, 2003년 12월
- [2] 한국전력거래소, “신재생에너지 전원 접속에 따른 계통영향 분석 및 운영방안 연구”, 최종보고서, 2006년 10월
- [3] 한국해양연구원, “조력발전 기술 현황 분석”, 1993
- [4] 김규호, 송경민, “시화조력발전 연계에 의한 남시화 계통의 최적 운영 방안”, 조명전기설비학회 논문지, 제23권 5호, pp.120-126, 2009년 5월