

전력시장에서의 침두용 수력운용방향과 수익구조 고찰

김 승호, 고 영환
한국수자원공사

Consideration of Operation and Income of Hydro-power for peak-load in the Electric-power pool

Seung-Hyo Kim, Young-Hoan Ko
Korea Water Resources Corporation

Abstract - The purpose of this article is to search for desirable operational direction and compensation of hydro-power, after considering the electricity restructuring has influence on operation and profit of hydro-power for peak-load.

1. 서 론

다목적 댐에 개발된 침두용수력의건설목적과 기존 운용방향, 전력경쟁시장체제의 도입으로 인해 나타나게 될 침두용수력의 운용방향과 수익구조의 내용을 파악하여, 수력설비의 기술적 특성과 부존자원의 적극적 활용 등 법국가적, 환경 친화적 관점까지 고려하는 전력시장경쟁체제에서의 다목적 댐 수력의 적절한 운용방향과 이를 충족할 수익환경이 무엇인지 도출해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 다목적 댐에서의 수력의 건설

다목적 댐에서의 수력은 국내 에너지 정책 전략상 소홀히 할 수 없는 에너지원의 개발활용이라는 목적 외에 전력계통의 품질유지를 위한 수단으로서의 개발성격이 크다. 용수공급이나 설비 이용을 관점에서는 상시용으로의 개발이 바람직하겠지만 전력은 고급 에너지로 시간대별 수요편차가 크게 나타난다는 점을 고려해 설비 이용의 최적화 대신 수력설비의 기술적 특성을 활용한 급격한 수요변화나 침두 수요가 나타날 시에 전력계통안정 기여에 주요점을 두고 개발되었다. 국내 환경은 수력개발에 대해 초기에서 60년대까지 에너지공급이 주목적이었으나 70년대부터는 저가의 대량적 에너지공급에 중점을 두고 개발되는 원자력, 유연탄 등의 전원특성인 부하추종능력부족을 보상을 위한 계통기여라는 성격이 더 중시될 수 밖에 없는 여건이었다.

표 1. 다목적 댐 수력의 개발규모 비교

구분	단위:MW						
	소양강	안동	충주1	대청	합천1	임하	주암
침두용량	200	90	400	90	100	50	22.5
상시용량	45	25	90	25	30	15	6

2.2 다목적 댐 수력의 운용 특성 및 제약

다목적 댐 수력은 그 기술적 특성상 전력계통 안정화 수단으로서 유용하다. 실제로 과거년도 운영실적을 분석해보면 에너지 공급축면보다는 국내부하의 시간특성에 응동하여 설비 이용율을 희생하는 대신 급격한 수요변화나 침두 수요가 나타날 시에 계통을 안정적으로 유지하는 전력계통안정화라는 측면의 부하추종형으로 운영되어 왔다. 이러한 운용결과는 설비이용의 최적화를 제약하는 부분이 된다. 또 갈수기나 평수기에 발전할 수 있는 시간이 제약을 받게 되며 상·하류 하천상황과 독립적일

수 없는 등 수문 상황에 직접적으로 제약을 받는다.

표 2. 다목적 댐 수력의 이용률 및 비교(1999년) 단위:%

년도	종합	다목적수력	일반수력	기력	원자력	복합
1999	57.3	28.2	36.4	59.5	85.5	32.8

- 주1) 화력 및 원자력은 수요크기에 따라 이용률 제약이 있는 반면 수력은 사용수량의 제약이 있음
- 주2) 자료출처 : 한국전력공사 2000년 경영통계

표 3. 부하추종운용 사례분석(예 : '93년 소양강 수력) 단위 : hr, MW

년월	부하추종운용(실적)				생산량 최적화운용(최적)				손실율 (%)		
	1호		2호		1호		2호				
	시	발전량	시	발전량	시	발전량	시	발전량			
93.1	93	1933	87	1617	3510	66	2042	57	1734	3815	7.34
2	118	2120	116	1990	4120	80	2236	78	2188	4474	7.43
3	103	1995	106	1880	3885	68	2040	67	2009	4174	7.23
4	106	2048	108	1829	3827	72	2137	66	1989	4176	8.07
5	65	1366	104	2264	3540	46	1421	78	2422	3818	5.37
6	195	4849	194	4574	9219	165	4865	167	5010	9856	4.36
7	106	2224	130	2800	4874	78	2424	91	2808	5247	7.68
8	113	2489	156	3120	5389	85	2640	110	3494	6024	8.28
9	98	1958	129	2371	4739	70	2161	86	2589	4680	9.54
10	167	3704	13	253	3577	127	3940	09	2808	4208	6.66
11	166	3556	0	0	3556	120	3032	0	0	3032	7.31
12	130	2828	47	836	3674	91	2810	30	920	3740	8.20
계	121	3020	99	2350	5080	89	3427	70	2545	5888	7.04

- 주 1) 다른 다목적 댐 수력발전소도 유사한 수치로 나타남
- 주 2) 최적 운용내용은 전력생산량을 크게 하기 위해 효율, 운용조건을 반영한 결과

2.3 수력의 기술적 특성

수력은 설비 기술특성상 전력의 품질(전압과 주파수) 유지에 유효한 수단이다. 속도 조절율이 대단히 우수하고 분당 증·감발율이 설치 용량을 상회하여 계통의 주파수 조절에 유리하며, 기동시간이 짧아 급격한 부하증가에 빠르게 대응할 수 있다는 점이다. 또 수력이 동기기로 전압조정 능력을 보유하고 있으며 기동을 위해 소요되는 보조에너지량이 상대적으로 작고 단락비가 커 연계 송전선로의 충전용량이 적절하면 시운전 능력이 타전원에 비해 상대적으로 크다.

표 4. 전원별 조속기 속도조정을 기준

전원별	수력	G/T	기력
속도조정율 (%)	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~6.0

2.4 전력시장체제에서의 전력계통 품질유지와 정산

실시간 계통의 운용을 위하여 필요한 주파수조정과 전압조정 등 전력계통 신뢰도 및 품질유지수단을 전력시장 운영규칙에서는 보조서비스로 정의하며 자동발전제어 및 조속기 운전, 무효전력의 수급, 특정한 발전소의 자체 기동서비스의 공급, 기타 계통운용의 안정에 요구되는 사항으로써, 보조서비스의 정산방법은 전력거래소에서 별도로 정하는 바에 따르게 되어 있다. 보조서비스의 대표적인 항목 중 하나인 주파수조정은 부하의 임의적인 변동에 대응하여 주파수를 일정 범위 내에서 유지하기 위해 평상시에 지속적으로 발전량을 조정하는 기능으로 주파수조정 서비스를 위한 발전기는 기본적으로 자동발전제어(AGC) 및 조속기(FGM) 운전이 가능하여야 할 것이며 이 주파수조정 서비스를 제공하기 위한 비용요소로 주파수조정용 발전용량에 대한 자본비용, 제어 및 통신장비의 자본비용, 신속한 주파수 응답에 따른 열효율 감소 및 연료비 증가, 잦은 출력의 크기 및 방향의 변화에 따른 기계적 마모 및 운전보수 비용 증가 및 수명의 감소, 주파수조정을 위한 발전용량 만큼의 감발에 따른 기회비용 등이 고려될 수 있고 적극적인 참여를 유도하기 위해서는 적정한 정산이 따라야 할 것이다. 또 운전예비력은 실시간 급전운용에서 발전 및 송전설비의 예기치 못한 고장이나 갑작스런 대규모 부하의 탈락 및 투입에 의한 대규모의 주파수 동요를 방지하여 전력시스템을 안전하게 운용하기 위한 기능으로서 운전상태 순동예비력, 정지상태 비순동 예비력으로 분류할 수 있지만 현재의 전력시장운영 규칙에서는 수력에 대해 순동 예비력 감발에 대한 정산은 고려되지 않고 있으며 예비력에 실제 사용시에만 정산하는 것으로 되어있다. 기타 전압조정 및 무효전력 공급 및 시송전에 대한 정산방안도 아직 구체화되지 않고 있다

2.5 수력의 정산

다목적 댐 수력은 2000년 12월 개정이전의 전기사업법과 전력수급계약을 근거로 총괄원가방식에 의해 비용정산하고 있으며 회피비용방식의 적용도 검토되었으나 향후 전력경쟁시장에서는 한계비용 개념의 정산이 이루어질 것으로 예측된다. 전력경쟁시장에 참여한 수력발전소에 대한 정산은 현행 전력시장운영규칙에서 거래일의 총 발전계획량 이내에서 실제 발전한 전력량은 발전사업자가 제출한 발전계획시간대의 가평평균계통한계가격으로 정산하며 부대적으로 실제 계량된 발전량이 발전계획량을 초과하는 경우 초과분은 거래일의 최고 계통한계가격과 용량가격을 더한 값으로 정산하며 실제 계량된 발전량이 발전계획량 미만인 경우 발전하지 못한 전력량은 정산하지 않는 것으로 또 수력발전소 용량요금은 발전사업자가 입찰시 제시한 발전계획량과 거래시간별 재선언한 발전계획량 중 작은 값에 용량가격을 곱한 값으로 정산하도록 규정하고 있고 제약요건에 의해 변경입찰을 한 경우는 변경입찰범위에 포함되는 만큼의 계량값은 거래일의 평균계통한계가격으로 정산토록 하고 있다. 수력의 전력계통 품질유지 기여에 대한 정산이 일부 반영되어 있지만 발전량 위주의 정산을 기본 틀로 채택하고 있어 적극적인 품질유지방향 운용보다는 최대량 발전운용을 사업자가 더 바람직한 설비운용방향으로 평가할 가능성이 있다.

$$SEP_i = \frac{\sum EGW_{i,t} \times SMP_{i,t}}{\sum EGW_{i,t}} \times \text{Min}(\sum EGW_{i,t}, \sum REGW_{i,t}, \sum MGO_{i,t}) \times 1,000$$

여기서, SEP_i : 정산가격, EGW_{i,t} : 시간대별 입찰 발전계획량, REGW_{i,t} : 시간대별 제입찰 발전계획량, MGO_{i,t} : 시간대별 실패발량

$$CON_i = \text{Max}(XESO, 0) \times (\text{Max}(SMP_i) + \text{Max}(HCF_i)) \times 1,000 + REOE_i \times \left\{ \frac{\sum SMP_{i,t}}{24} + \text{Min}(HCF_i) \right\} \times 1,000$$

여기서, CON_i : 정산가격, XESO : 거래소 지시 초과발전량, HCF_i : 용량요금, REOE_i : 입찰 및 제입찰시 발전계획량 차이

2.6 다목적 댐 수력이 전력시장가격에 미치는 영향

현행의 원가경쟁시장에서 계통한계가격 결정기준인 발전기별 변동비를 수력에 대해 0원으로 반영하였다. 가격결정발전계획은 낮은 변동비를 갖는 전원으로부터 순차적으로 급전대상으로 책정되는 규정에 따라 수력의 발전계획시간대에 계통한계가격 수렴선에 있는 다른 전원이 당연히 가격발전계획에서 누락되는 결과를 가져온다. 공급자가 가격까지 제시하게 될 다음단계 전력시장인 가격경쟁시장에서는 이러한 효과가 지속되지 않겠지만 원가경쟁단계에서는 수력은 기본적으로 계통한계가격을 낮추는 역할을 수행한다. 물론 중간부하용 전원의 발전계획도 계통한계가격을 낮추는 영향을 주지만 기저전원은 별도의 정산구조를 갖는 현 체제의 시장에서는 수력은 다른 전원보다 공급자에게 손실요인이 되고 수요자 입장에서는 이득요인으로 작용하게 될 것이다. 특히 수력이 발전계획을 제출하게 될 첨두 수요시간대에는 계통의 전력공급량은 가장 많다. 이러한 면은 수력이 기술특성이 유사한 양수와 비교해 전력시장가격에 다른 영향을 갖는 부분이기도 하다.

2.7 전력계통에서의 수력의 운용방향

지금까지 수력의 운용형태는 에너지 공급보다는 전력계통 품질유지가 더 주요한 활용용도가 되어 왔으며 국내에서의 환경적, 경제적 요소 등을 고려할 때 시장체제가 도입된 앞으로도 물 관리와 연계되는 이러한 운용형태가 요구된다고 보아야 할 것이다. 다만 설비의 전력계통 품질유지에 대한 활용정산은 그 가치평가가 수월하지 않다는 어려운 문제가 있지만 그 가치를 어떤 기준과 수준으로 정산해 줄지 아직 구체적으로 정해지지 않아 사업자가 전력공급을 더 중요한 관점으로 삼게 될 경우 공급자는 계통 품질유지에 대한 기회비용의 상실로서, 수요자에게는 전력계통운영 총비용의 증가로서 나타날 것이다

3. 결 론

수자원환경이 열악한 우리나라 실정에서 다목적 댐 수력의 운용제약조건은 갈수록 커져갈 것이다. 거래량이 기준이 될 전력경쟁시장체제에서 전력계통 품질유지부분에 대한 적절한 가격 정책적 고려가 없다면 부하추종형 운용형태를 갖는 다목적 댐 수력 등의 운용은 에너지공급형으로 변화될 것이다. 이러한 결과는 예비력 등 보조서비스 측면으로의 활용이 어려워지므로 전력계통운용 총비용을 상승시키는 결과를 가져온다. 전력계통품질유지 즉 보조서비스 장려가 첨두용 수력에 있어 합리적 물관리 조건을 만족하면서 전력계통에 기여할 수 있는 운용방안이 된다. 전력계통운용의 최적화 절감비용과 연계된 보조서비스 정산책이 마련되어야 할 것이고 다목적 댐 수력에 대해서 이는 상시용량 개발시의 기대수익이나 부하추종 운전에 따른 손실기회비용을 보상할 수 있는 수준이 되어야 할 것이다. 이는 국내부존 우수 에너지자원의 효율적인 활용을 위해서도 필요한 방안으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국과학기술원, 한국수자원공사, 다목적댐 수력발전의 경제성 평가 및 전력요금 산정방안에 대한 검토, 1994. 4
- [2] 전력거래소, 전력시장운영규칙 및 하위절차서, 2001. 4
- [3] 각 다목적 댐 기본계획 및 실시계획
- [4] 한국수자원공사, 발전통계자료, 2001. 2
- [5] 한국전력공사, 경영통계, 2000. 4
- [6] 에너지경제연구원, 전력산업구조개편에 따른 수공 발전사업수행체계 연구, 2000. 12