

효율적인 수력운용을 위한 알고리즘 및 프로그램 개발

장미혜* 이경제* 윤갑구* 민병운** 강상희** 최면송** 전동훈***

*에이스기술단(주) **영지대학교 전기공학과 ***한국전력연구원

Algorithm and Program of Development for Effective Hydro Operation

Me-Hae Jang* Kyoung-jae Lee* Gab-Goo Youn*

Byoung-Woon Min** Sang-Hee Kang** Myeo-Song Choi** Dong-Hoon Jun***

*ACE Engineering, Inc **Dept. of Electrical Eng. Myoung-Ji Univ ***Korea Electric Power Researcher

Abstract - This study considers a hydro power energy operation management and planning problem in KEPCO power systems for efficient use of hydro resources. A database is developed to provide with a convenience to hydro power operation management and planning by studying of the hydro resource characteristics of Korea. The data is obtained in the operation history from 7 years ago and by considering the hydro facility planning to 2010 year. Also a computer program is developed to decide the monthly required volume of water and the water level of a dam in the Han river using the database.

화천, 소양강, 충주, 대청, 안동 및 섬진강과 같은 저수지식 댐의 수력에너지는 유입량과 댐 수위 조정으로 결정된다. 한강수계에서 춘천댐 이하의 하류 각 댐은 연간 일정수위로 운영되므로 상류댐에서의 사용수량, 방류량과 자체 유역 유입량은 가산한 수량으로 결정된다.[2]

저수지식 댐의 연간 수위는 고수위에서 저수위 사이에서 조정되며 운전된다. 갈수기에는 상류에서 내려오는 유입량과 저장되어 있는 저수량 일부를 사용하여 수위를 낮추면서 발전하고 풍수기에는 상류에서 내려오는 유입량이 발전 사용수량보다 크게 상회하므로 수위를 상승시켜 가면서 운전하게 된다 [3].

여기서, 경제적 수력 운용계획 문제의 수력사용 수량은 댐별 유입량과 수위계약조건 (제한수위, 홍수위, 최고수위, 최저수위, 관개용 계약수위 등)을 고려하면서 결정된다. 그리하여 전력수급 조건과 홍수조절 및 용수공급을 만족시키며, 해당기간중의 화력발전소의 연료비를 최소화하도록 제한된 수자원을 합리적으로 사용하여 안정적이고 경제적인 전력공급을 하는 것이 목적이다.

1. 서 론

산업화로 인한 전력수요 급증에 따라서 전력계통이 대형화, 복잡화 되어가고 있으므로 수많은 제약 조건을 고려하면서 전력계통에서 경제적 수력 운용 계획을 수립한다는 것은 매우 어려운 문제이다.

우리나라에서는 합리적인 수력자원 운용을 위하여 현재 수력 발전소의 연간 발전량계획을 과거 20년간의 월별 평균 발전량을 기준으로 산정하고 있으며, 발전계획 대상기간 별로 총수요 전력량에서 수력 발전량을 뺀 나머지 전력량을 화력 및 원자력 발전량으로 배분하고 있다.[3]

수력에너지는 유역 강우량에 의한 유입량으로 확보되고, 수력의 운용방식은 댐 종류에 따라 구별된다. 유입량은 계절별, 연도별로 크게 변동하므로 월별또는 어느기간중의 출수경향은 최풍수(I), 풍수(II), 평수(III), 갈수(IV) 및 최갈수(V) 등 5개의 출수시점으로 분류한 통계분석 결과로 결정된다 [1].

2. 수력운용 실적 분석

2.1 수력에너지의 이용

우리나라의 수력발전의 운용은 댐 상류에서의 출수경향에 따라서 크게 변동한다. 수자원의 근원이 되는 연간 강우량은 1274mm로서 주로 6~9월에 집중되어 60~70%가 내리고 있다. 이와 같은 강수량은 전국토 99000km²에 분포되어 연간 약 1267억m³에 달하는 수량이 우리나라 전체의 연간 자원이 되고 있다.

이중에서 일부는 지면으로 침투되고 697억m³(55%)가 하천으로 유출된다. 이 유출량중에서도 467억m³(37%)가 여름철에 홍수로서 유출되고 실제로 가

용수량은 230억 m^3 (18%)에 불과하다. 이들이 하천을 통하여 발전 및 각종 용수 공급원으로서 이용이 되고 있으며, 그의 월별 유출경향은 유역면적과 계절별 강우 특성에 따라 변동되고 있다.

현재 한강 연접수계에는 화천, 춘천, 소양, 의암, 청평, 충주, 괴산, 팔당댐과 같은 연접수계댐이 있고 단일댐으로서는 안흥과 강릉댐이 있다. 이 중에서 소양 및 충주댐은 수자원공사 소유로서 다목적댐으로 운용되고 있으며, 낙동강 수계에는 안동, 합천 및 임하수력이 있고, 금강수계에 대청수력, 섬진강 수계에는 섬진강, 보성 및 주암수력이 있다.

2.2 한강수계의 운용실적

한강수계 상류에 위치한 화천, 소양 및 충주수력과 같은 저수지식 댐은 홍수기의 유입량을 저장하여 갈수기에 발전 및 용수 공급원으로서 운용이 되며 그 하류댐은 저장능력이 적고 저낙차 수력이므로 상류댐으로부터 유입량을 그대로 발전용수로서 운용하는 소위 유하량 발전을 수행하게 된다.

이러한 댐의 특징에 따라 상류댐은 발전 및 다목적 댐에 부합되는 연간 저수지 기준 수위곡선을 갖게 되며 하류의 댐에 있어서는 연간 일정하게 고수위(만수의-1m) 운전을 함으로써 합리적인 운용이 이루어지게 된다.

한강수계수위 운용실적을 그림 1에 나타내었다.

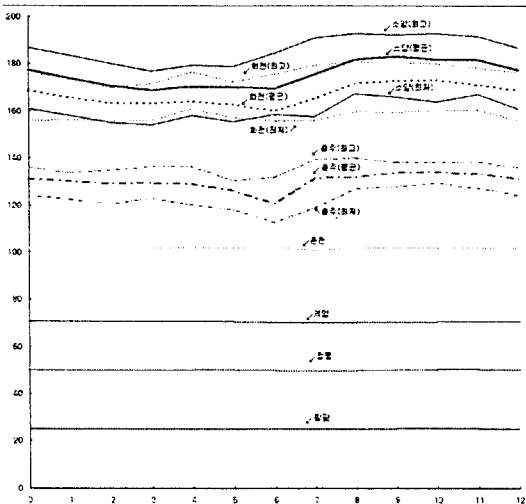


그림 1. 한강수계 운용실적

※ 화천, 춘천, 의암댐(1971~1994) 팔당, 소양댐(1974~1994) 충주댐(1986~1994)년 실적임

3. 수력운용계획 프로그램 개발

본 연구에서는 우리나라에서 가장 큰 한강수계

중 화천 발전소에 대한 월별기준 수위와 월간사용수량 결정하는 수력운용계획 프로그램을 개발하였다. 사용수량 결정에 필수적인 기초작업으로 도움자료가 되는 화천, 소양강, 충주, 안동, 대청과 섬진강댐에 대하여 7년간(88~94년)의 유입량과 사용수량 실적을 출수시점별로 산출하였다.

3.1 프로그램의 구성

수력운용계획 프로그램 개발에서 데이터베이스는 Access-DB를 사용하였으며 사용자 클라이언트의 인터페이스와 데이터베이스 클라이언트의 개발에는 Visual Basic 4.0을, 수력운용에 이용되는 데이터 연산을 위한 DLL(Dynamic Linking Library)모듈의 개발에는 Visual C++ 2.0을 이용하였다. 이때 클라이언트로부터 데이터베이스 서버로의 접근은 ODBC(Open DataBase Connectivity)를 통한 데이터베이스 접근인터페이스로 Visual Basic 4.0에서 제공하는 RDO(Remote Data Object)와 DAO(Data Access Object)함수들을 이용하였다.

3.2. 사용수량 산출 제약 조건

사용수량을 산출하기 위하여 상수도 용수 공급용 책임방류량과 최대 사용수량, 홍수기간에 설정되어 있는 제한수위, 최대 방류량, 수위와 저수량과의 상관관계, 기준수위, 최대저장량에 대한 댐마다의 고유의 특성이 있으므로 그러한 제약조건들이 표 1에 나타나 있다.

표 1. 사용수량 제약조건

구분 \ 댐	화천	소양강	충주	춘천	의암	청평	팔당	괴산
책임방류량(cms)	① 23	② 65	③ 62	-	-	-	Ⅱ(124) 150	-
최대사용수량(cms)	185	250.8	788	228.4	340	373	800	11.54
유효저수량($10^6 m^3$)	658	1,868	1,789	61	57.5	82.6	18	5.7
만수위(m)	181.00	193.50	141.00	103.00	71.50	51.00	25.50	135.65
저수위(m)	156.80	150.00	110.00	98.00	66.30	46.00	25.00	131.65
6/21~9/20 제한수위(m)	175.00	191.00	138.00	102.00	70.50	50.00		134.00
최대허용방류량	5,428	5,500	14,200	12,600	16,000	20,736	26,000	3080

※ 책임방류량은 건설허가 조건으로 124cms로 되어 있으나 현재 150cms로 운용하고 있음. 이에 대한 방류량을 댐 용적비로 배분하면 ①②③과 같이 됨.

3.3. 유입량 산출방법

유입량을 산출하기 위하여 직렬 및 병렬 유황곡선을 작성한후 이것을 5개 출수시점 즉 최풍수, 풍수, 평수, 갈수 및 최갈수로 분류산출하고 사용수량 결정에 이용한다. 유입량의 흐름도는 그림 2와 같다.

3.4. 기준수위곡선과 사용수량 결정

기준수위곡선(Rule Curve)은 연간 최대 발전량 확보와 경제 운용 원리 즉 화력 연료비 최소화 목적으로 작성한 것이 있고, 용수 확보 및 홍수조절 제약조건과 경제성까지도 고려한 기준수위곡선도 있다. 현재 기준수위곡선이 되어 있는 발전소는 이를 참조하여 운용하며, 아직 기준수위곡선이 없는 발전소에 대하여는 과거의 평균 수위를 적용한다. 또한 본 기준수위곡선의 적용은 최저수위와 최고수위, 최고와 최저의 중간수위, 실적 평균수위등으로 분류하여 선택 사용하도록 한다.

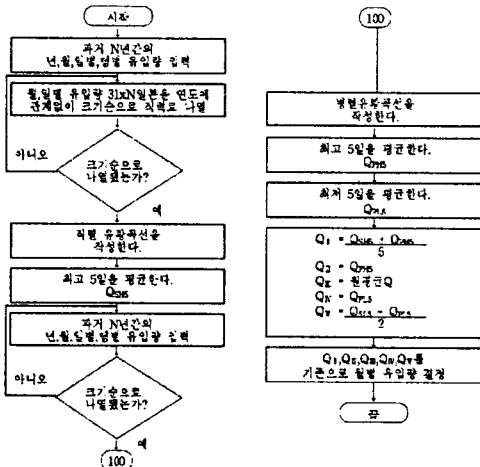


그림 2. 유입량의 상세 흐름도

3.5 각 댐의 월별 사용수량 결정

그림 3에 각 댐의 월별 사용수량을 결정하는 방법을 나타내었다.

1971~1994년까지의 수력운용자료를 이용하여 위와 같은 흐름도에 따라 화천의 월별 사용수량을 계산한 결과가 다음 표 2에 나타나 있으며 이 계산 결과는 과거의 평수년 기준(제3출수)과 거의 같으므로 앞으로는 출수시점별 사용수량결정에 실용할 수 있게 되었다. 그림 4는 개발된 월간사용수량을 결정하는 프로그램의 수행 결과를 나타낸 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 전력 계통의 효율적이고 경제적인 운용을 위한 수력운영계획 문제를 해결하기 위한 한가지 방법을 제시하였다. 우리나라의 수자원 특성을 고찰하고 과거자료분석을 통한 DB를 구축함으로써 수력운영계획 작성에 편의성을 제공하였다. 그리고 제한된 수자원을 합리적으로 사용하여 안정적이고 경제적인 전력공급을 위하여 우리나라에서 가장 큰 한강수계중 화천 발전소에 대한 월별기준 수위와 월간사용수량 결정하는 프로그램을 개발하였다.

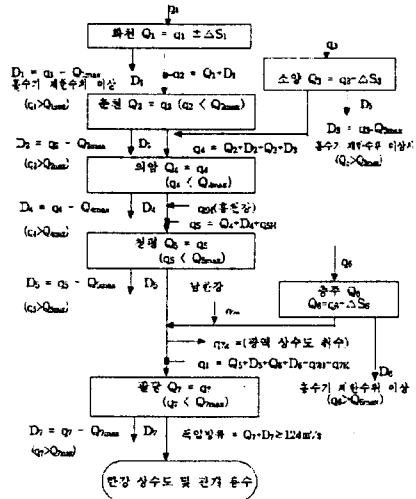


그림 3. 월별 사용수량 결정 흐름도

표 2. 화천 사용수량 계산결과 및 실적

[단위 : m³/sec]

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
기준수위상정[m]	165.57	163.15	163.25	163.85	162.61	160.00	175.00	175.00	173.25	171.04	168.80	168.80	
평균상정[m]	165.57	163.15	163.25	163.85	162.61	159.85	165.20	171.77	172.72	173.25	171.04	168.80	
평균 유입량 실적 [m ³ /s]	15	17	37	71	65	75	237	298	187	41	38	21	
지정량 사용분	30	23	-1	-5	10	5	-	-	-	30	25	23	
사용 수량	계산	45	49	36	66	75	80	110	110	110	61	63	-41
경관실적	-3	-11	41	60	75	85	106	130	109	52	44	49	

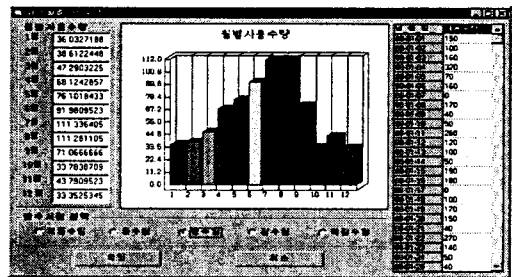


그림 4. 화천월별사용수량 산출 Interface

(참 고 문 헌)

- (1) 일본전력조사위원회, "일본전력조사보고서"
- (2) 한국전력 발전처, "한국수력수문자료", 1994
- (3) 한국 전력 공사 기술연구원, "수력발전소의 합리적 운용 프로그램 개발 연구", 1987.6