

계단식수력발전소저수지체계에서 전력생산을 최대로 높이기 위한 년기준운영도작성방법

최정혜, 김정훈

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《지금 있는 발전소들에서 전력생산을 최대한으로 높이기 위한 대책을 세우는것과 함께 긴장한 전력문제를 근본적으로 풀기 위한 전망계획을 바로세우고 그 실현을 위한 투쟁에 힘을 쏟으며 수력자원을 위주로 하면서 풍력, 지열, 태양열을 비롯한 자연에너지를 리용하여 전력을 더 많이 생산하도록 하여야 합니다.》

현시기 나라의 긴장한 전력문제를 해결하는데서 수력발전소들의 전력생산을 최대한으로 높이는것은 매우 중요한 의의를 가진다.

우리는 계단식수력발전소저수지체계에서 연간 전력생산을 최대로 높일수 있는 년기준 운영도작성방법에 대하여 수발전소저수지체계에서의 모의계산을 통하여 연구하였다.

1. 최량류출조절모형에 의한 년기준운영도작성

일반적으로 계단식수력발전소저수지체계의 최량운영문제는 단독저수지의 최량운영문제보다 비할바없이 복잡하고 어려운 문제이다. 그것은 매 발전소들이 강하천의 상류 및 하류에서 수리동력학적으로 련관되어있는것으로 하여 어느 한 발전소의 운영을 최량화한다고 하여도 계단식수력발전소저수지체계전반의 최량성을 담보하지 못하기때문이다. 그러므로 계단식발전소체계에서 전력생산을 최대로 높이자면 반드시 발전소들간의 수리동력학적 련관관계[3]를 고려하면서 최량류출조절모형을 세우고 계통최량화수법을 구현하여 동시최량기준운영도를 만들어야 한다.

최량류출조절모형과 동시최량화를 위한 풀이방법은 다음과 같다.

우선 물바란스방정식에 기초한 계단식수력발전소저수지체계의 상태방정식을 세운다.[1, 2]

$$\begin{cases} V_{i,2}^{(1)} = V_{i,1}^{(1)} + (Q_{i,\text{류}}^{(1)} - Q_{i,\text{사}}^{(1)})\Delta T_i \\ \vdots \\ V_{i,2}^{(j)} = V_{i,1}^{(j)} + (Q_{i,\text{류}}^{(j)} - Q_{i,\text{사}}^{(j)})\Delta T_i \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $V_{i,2}^{(j)}$ 는 j 저수지의 i 월말 물의 체적(m^3), $V_{i,1}^{(j)}$ 는 j 저수지의 i 월초 물의 체적(m^3), $Q_{i,\text{류}}^{(j)}$ 는 j 저수지의 i 월 류입량(m^3/s), ΔT_i 는 i 월 가동시간(h), $Q_{i,\text{사}}^{(j)}$ 는 j 저수지의 i 월 총리용물량(m^3/s)이다.

다음으로 계단식수력발전소저수지체계의 최량류출조절모형의 제한식을 세운다.

① 체계의 매 저수지는 매월 규정된 수위한계선을 넘지 말아야 한다.

$$V_{\min}^{(j)} \leq V_{i, 2}^{(j)} \leq V_{\max}^{(j)} \quad (2)$$

여기서 $V_{\min}^{(j)}$ 는 j 저수지의 무효체적(m^3), $V_{\max}^{(j)}$ 는 j 저수지의 큰물수위때 물의 체적(m^3)이다.

② 발전소타빈의 리용물량은 최소리용물량과 최대리용물량사이에서 결정되어야 한다.

$$Q_{\text{사}, \min}^{(j)} \leq Q_{i, \text{사}}^{(j)} \leq n \cdot Q_{\text{사}, \max}^{(j)} \quad (3)$$

여기서 $Q_{\text{사}, \min}^{(j)}$ 은 j 발전소의 타빈 1대의 최소리용물량(m^3/s), $Q_{\text{사}, \max}^{(j)}$ 는 j 발전소의 타빈 1대의 최대리용물량(m^3/s), n 은 j 발전소의 타빈대수이다.

③ 발전기 1대의 출력은 다음과 같이 결정되어야 한다.

$$P_{\min}^{(j)} \leq P_t^{(j)} \leq n \cdot P_{\max}^{(j)} \quad (4)$$

여기서 $P_{\min}^{(j)}$ 는 j 발전소 발전기 1대의 최소출력(kW), $P_{\max}^{(j)}$ 는 j 발전소 발전기 1대의 최대출력(kW), $P_t^{(j)}$ 는 j 발전소 발전기 1대의 t 시간출력(kW)

④ 계단식저수지체계의 월별실지출력은 주어진 보장출력을 만족시켜야 한다.

$$P_{i, \text{보장}} \leq \sum_{j=1}^{12} P_i^{(j)} \quad (5)$$

여기서 $P_{i, \text{보장}}$ 은 i 월 계단식발전소체계의 보장출력, $\sum_{j=1}^{12} P_i^{(j)}$ 는 i 월 계단식발전소체계의 실지출력, $P_i^{(j)} = 9.81 \cdot \eta_{\text{수}}^{(j)} \cdot \eta_{\text{발}}^{(j)} \cdot Q_i^{(j)} \cdot H_i^{(j)}$ 이다.

⑤ 계단식발전소체계의 가동시간은 주어진 월별 보장가동시간을 만족시켜야 한다.

$$T_{i, \text{보장}} \leq T_i \quad (6)$$

여기서 $T_{i, \text{보장}}$ 은 i 월 보장가동시간(h), T_i 는 i 월 실제가동시간(h)이다.

다음으로 목적함수를 작성한다.

목적함수는 계단식수력발전소저수지체계의 연간 총전력생산량이 최대로 되도록 하는 것이며 구하려는 요소는 제한식과 목적함수를 만족시키는 월별 체제안의 매 발전소의 최량방출량을 결정하는것이다.

$$E(Q_i^j) = \sum_i \sum_j P_i^{(j)}(Q_i^j) \cdot T_i \rightarrow \max \quad (7)$$

식 (1)–(7)로 이루어진 방정식계가 바로 계단식발전소저수지체계의 최량류출조절모형으로 된다. 식 (1)–(7)의 풀이는 동적계획법으로 얻는다.

이로부터 연간 총전력생산량이 최대로 되는 저수지수위과정선이 발전소별로 얻어지게 되는데 이것이 바로 년기준운영도로 된다.

2. 연구지역에서 모의계산을 통한 년기준운영도효과성분석

연구지역은 여러개의 수력발전소들이 계단식으로 건설된 대규모수력발전소체계로서 긴 장한 나라의 전력문제해결에서 중요한 몫을 담당하고있다. 우리는 최량류출조절모형에 따라 얻어낸 저수지년기준운영도를 리용하여 모의계산을 하였다. 년기준운영도의 효과성은 모의계산결과와 이미 건설되어 운영되는 연구지역 2개 발전소의 운영실적자료와의 대비분석

을 통하여 검증하였다.(표)

대 상	10월 초 수위/m		년 말 수위 증가량/m	증 가 륜/%
	운영실적자료	모의계산결과		
1 호	306.93	320.00	13.07	4.35
2 호	129.25	135.00	5.75	4.45

표에서 보는바와 같이 모의계산결과 큰물이 끝나는 10월초에 실적자료에 비하여 저수지들의 년말수위를 4.35~4.45%로 높여줌으로써 다음해 운영에 보다 유리한 조건을 마련해줄수 있다. 이때 발전소체계에서의 연간 전력생산량을 비교분석한 결과 전력생산은 최량류출조절모형에 의하여 7% 더 증가시킬수 있다.

맺 는 말

논문에서 제기한 최량류출조절모형을 계단식수력발전소저수지체계에 적용하여 연간 발전소운영을 진행할 때 전력생산을 높이면서도 발전소저수지의 일류와 단절을 최대한 줄이고 전망적인 운영에도 유리한 조건을 마련할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 55, 4, 179, 주체98(2009).
- [2] 최정혜; 기상과 수문, 2, 13, 주체105(2016).
- [3] A. Musy et al.; Science Publishers Enfield, New Hampshire, 191~206, 2011.

주체105(2016)년 6월 5일 원고접수

Drawing Method of the Annual Standard Operation Chart for Increasing the Production of the Electric Power by Maximum in the Reservoir System of Tiered Hydropower Plants

Choe Jong Hye, Kim Jong Hun

We suggested the drawing method of the annual standard operating chart to increase electric power production by maximum throughout the year in the reservoir system of tiered hydropower plants and analyzed through the simulation calculation in the system of “人” reservoir.

Key words: runoff control, tiered reservoir, operating chart