

<기술논문>

DOI:10.3795/KSME-A.2009.33.10.1171

노후 수력 발전소의 수명연장 및 현대화 계획 수립 방법론 개발 및 적용

김종성[†] · 권혁천^{*} · 송병훈^{*} · 권창섭^{**}

(2009년 7월 24일 접수, 2009년 8월 31일 수정, 2009년 9월 16일 심사완료)

Development and Application of the Methodology to Establish Life Extension and Modernization Plan of Aged Hydropower Plants

Jong Sung Kim, Hyuck Cheon Kwon, Byung Hun Song and Chang Seop Kwon

Key Words: Aged Hydropower Plant(노후 수력발전소), Life Extension(수명연장), Modernization(현대화)

Abstract

This paper provides how to establish an integrated plan for LE (life extension) and MD (modernization) of aged hydropower plants. The methodology is developed through review of overseas/domestic LE/MD histories, investigation of the previous overseas methodologies and consideration of domestic practices. The methodology includes reviews of the various factors such as condition, operation and maintenance history, up-to-date technology, and economic benefit. In order to establish the life extension/modernization plan, the methodology is applied to the domestic aged hydropower plants. Finally, priority rankings and draft practice plans for LE/MD are derived.

1. 서론

수력 발전은 가장 청정하고 반영구적인 발전원이라는 장점에도 불구하고 국내 수력 발전설비의 노후화로 다른 발전원들에 비하여 경제성 및 발전 기여도 측면에서 열세에 놓여 있다. 효율적인 수력 발전소의 운영 및 정비를 위해서는 궁극적으로 수력 발전설비의 수명연장 및 현대화가 필요한 실정이다. 화력 및 원자력 발전소 경우, 수명연장 및 현대화와 관련된 다수의 국내외 연구들이 진행되었으나 수력 발전소에 대한 수명연장 및 현대화 관련 국내 연구는 미미하다.

본 연구에서는 노후화된 수력 발전소의 수명연장 및 현대화 계획을 체계적으로 수립하는 방법론을 개발하고자 한다. 수명연장 및 현대화 계획 수립 방법론은 국내외 수명연장/현대화 사례⁽¹⁻⁴⁾를 검토하고 기존 국외 방법론들⁽⁵⁻⁷⁾을 고찰하며 국내 현실을 감안하여 개발된다. 방법론은 상태, 운전/정비 이력, 최신 기술 및 경제성 이득과 같은 다양한 인자들의 검토를 포함한다. 국내 노후 수력 발전소들의 수명연장/현대화 계획을 수립하기 위해 개발된 방법론이 적용된다.

2. 수명연장/현대화 계획 수립 방법론 개발

2.1 수명관리 기준 설정

수력발전 설비 수명관리 관련 기초자료와 국내외 수명관리 사례/실적을 조사 분석한 결과와 국내 운영 특성/현황을 반영하여 수력발전소 전체의 기준수명을 도출한다. 이러한 기준수명은 수명연장/현대화 계획 수립 절차를 수립할 때 발전

[이 논문은 2009년도 신재생부문 춘계학술대회(2009. 5. 21., BEXCO) 발표논문임]

† 책임저자, 회원, 순천대학교 기계우주항공공학부
E-mail : kimjbsbat@sunchon.ac.kr

TEL : (061)750-3537 FAX : (061)750-3530

* 한국전력기술(주)

** 한국수력원자력(주)

설비의 수명연장 및 현대화 필요 여부를 판단하는 개별적인 기준으로 활용될 것이다.

수력발전소에도 호기별 특성에 무관하게 적용할 수 있는 기준수명이라는 효율적 수단을 도입하면 여러 호기의 노후 수력을 보유하고 있는 운영기관이 노후 수력에 대한 장기 수명관리 계획을 수립하고 수명연장 사업을 수행하는데 있어 매우 용이하고 효율적인 접근이 가능할 것이다.

실제 시행 년수와 목적의 차이 때문에 발전소 전체에 대한 기준수명은 대규모 수명연장/현대화와 소규모 현대화, 두가지로 구분하여 아래와 같이 결정한다.

○ 대규모 수명연장/현대화

- 국내외 수명관리 관련 사례 실적들^(1~4) 중 S&B(scrap & built) 및 대규모 R&U(rehabilitation & uprate) 사례들을 통계 처리
- Fig. 1은 이러한 통계 처리 결과를 제시하고 있는데 평균 44.2년, 표준편차 17.4년임을 알 수 있음
- 계획부터 준공까지의 년수를 제외하면 평균 40.2년 정도가 됨
- 전원개발의 경우 S&B 기준으로 40년을 적용하고 있음⁽¹⁾
- 국내외 실제 사례로부터 도출된 평균 년수와 거의 동일하고 전원개발의 기준과 동일한 40년을 기준수명으로 결정

○ 소규모 현대화

- 국내외 수명관리 관련 사례 및 실적들 중 소규모 R&U 사례들을 통계 처리
- Fig. 2는 이러한 통계 처리 결과를 제시하고 있는데 평균 32년, 표준편차 14년임을 알 수 있음
- 대규모 수명연장/현대화와 달리 적은 투자 비용이 소모되는 소규모 현대화는 이른 시간에 수행할수록 보다 이득을 얻음
- 평균에서 표준편차를 빼고 계획부터 준공까지의 년수를 제외하면 15.5년 도출
- 보수적으로 15년을 기준수명으로 결정

2.2 수명연장/현대화 계획 수립 절차 개발

Table 1은 국외 수력발전소 수명연장/현대화 계획 수립 절차^(5~7)를 비교한 것이다. Table 1에 제시한 바와 같이 하나의 회사에서 여러 개의 발전소를 운영하는 국내 현실에서는 EPRI 지침이 보다 타당할 것으로 판단된다.

Table 1 Comparison among the various methodologies

| 방법론 요소 | EPRI | EdF 및 World Bank | Voith |
|-------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 관점 | 발전소 운영 기관 | 자금 투자기관 | 제작사/엔지니어링사 |
| 선별/우선 순위 부여 | 발전소 및 기기 기반 | 발전소-프로젝트 기반 | 없음 |
| 비용 이득 평가 | 선별, 계획 수립, 가용성 가용 입력 제공 | 선별, 순위 결정, 계획 수립 용 입력 제공 | Phase 0-III 수행을 위한 입력 제공 |
| 타당성 평가 | 포함 | 미포함 | 언급 없음 |
| 평가의 상세정도 | 상세한 평가 요구 | EPRI 지침 대비, 덜 상세 | 개략적인 내용만 제시 |
| 필요 정보량 | 방대한 정보 필요 | 상대적으로 덜 방대한 정보량 | 개략적인 내용만 제시 |

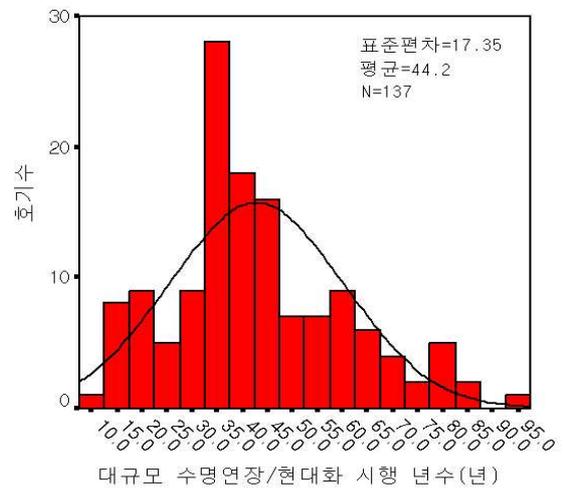


Fig. 1 Statistical analysis results for the previous large-scale life extension and modernization cases

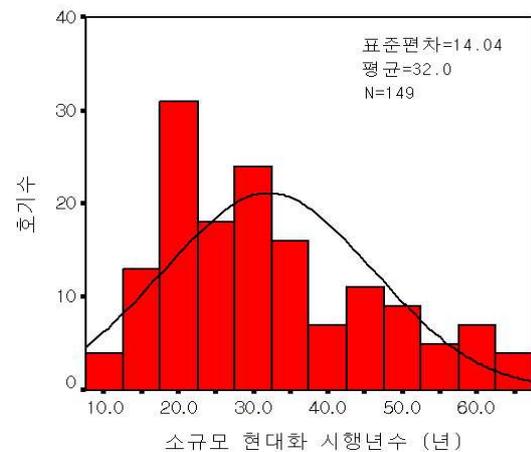


Fig. 2 Statistical analysis results for the previous small-scale life extension and modernization cases

국내 현실에 적합하게 기준수명을 도입하고 설비별 교체기준 등을 수정 보완한 전체 절차의 흐름도를 Fig. 3에 제시하고 있다. 우선 각 발전 호기의 운전년한이 기준수명 이상이면 수명연장/현대화 평가 대상으로 고려한다. 수명연장/현대화 평가 대상으로 고려된 해당 호기들 중 수명연장/현대화가 필요한 발전 호기들을 선별하고 우선순위를 결정한다. 선별된 발전 호기별로 수명연장/현대화 계획을 수립한다. 수립된 수명연장/현대화 계획을 보다 현실화하기 위해 보다 상세하고 실질적인 기술성/경제성 평가인 가용성 평가를 수행한다. 최종적으로 가용성 평가에 의해 현실화된 계획에 따라 수명연장/현대화 프로젝트를 정의하고 수행한다.

Fig. 4는 발전소 선별 및 우선순위 부여과정의 흐름도이다. 수명연장/현대화 평가 대상을 고려된 발전 호기들 중 노후화가 심각하여 긴급하게 수명연장/현대화를 수행하여야 하는 경우에는 선별 및 우선순위 과정 없이 바로 수명연장/현대화 계획을 수립한다. 수명연장/현대화 평가 대상으로 고려된 호기들의 중요성 설명인자를 평가한다. 수명연장 필요성과 현대화 기회는 구분하여 평가된다. 수명연장 필요성은 확실성과 지속성 설명인자를 평가하며 현대화 기회는 출력과 유연성 설명인자를 평가한다. Table 2는 선별 및 우선순위 부여를 위한 설명인자 내 표지인자 및 표지인자별 등급 점수를 제시하고 있다. 중요성에 포함되는 공헌도와 임계도 표지인자를 제외하고는 각 표지인자별 등급은 대상 발전소들을 상대 비교하여 평가한다. 공헌도와 임계도 점수를 합해 중요성 점수를 도출한다. 확실성과 지속성 점수는 동일 표지인자의 Have와 Need 요소 점수를 곱하고 각 표지인자들의 점수를 더하여 계산한다. 출력과 유연성 점수는 동일 표지인자의 Have, Can 및 Cost 요소 점수를 곱하고 각 표지인자들의 점수를 더하여 계산한다. 확실성과 지속성 점수의 합에 중요성 점수를 곱하여 수명연장 필요성을 정량적으로 평가한다. 또한, 출력과 유연성 점수의 합에 중요성 점수를 곱하여 현대화 기회를 정량적으로 평가한다. 최종적으로 수명연장 필요성 점수 및 현대화 기회 점수로부터 수명연장/현대화 우선순위를 결정한다.

Fig. 5는 수명연장 및 현대화 계획 수립 과정의 개략적 흐름도이다. 수립 과정은 발전소를 조사하는 단계, 도출된 수명연장/현대화 방안을 선별하고 조정하는 단계, 제안된 방안을 모델링하는 단계로 구분할 수 있다. 조사 단계는 발전소 조

사 계획 수립, 데이터 취합/분석, 상태 평가를 위한 설비/구조물 검사, 재해적/환경적/경제적 위험도

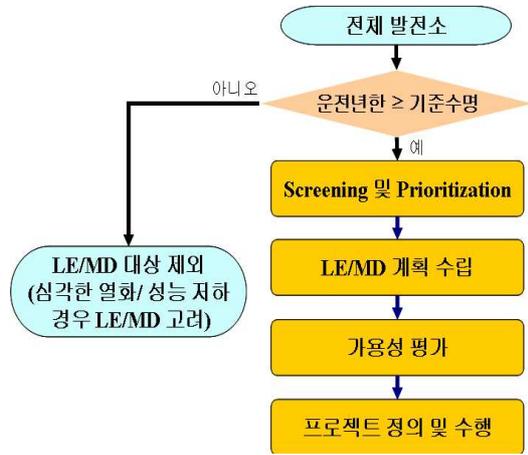


Fig. 3 Flowchart of the life extension and modernization process

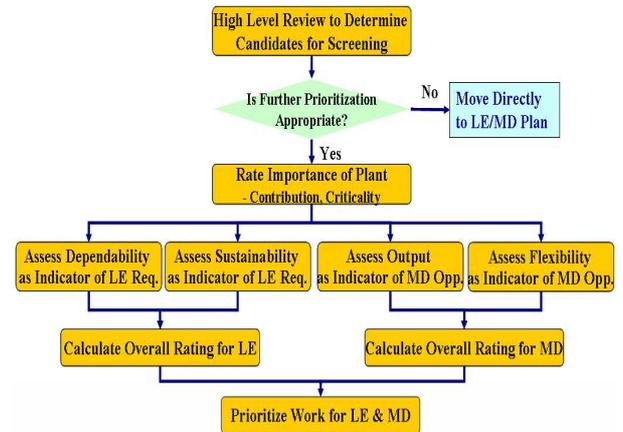


Fig. 4 Flowchart of the screening and prioritization

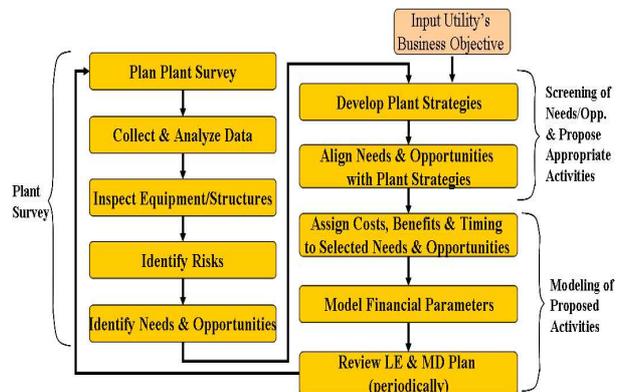


Fig. 5 Flowchart for the establishment process of life extension and modernization plan

확인, 수명연장/현대화 방안(초안) 도출로 구성된다. 선별 및 조정 단계는 해당 발전호기의 전략 수립, 도출된 방안(초안)과 전략의 조화로 구성된다. 모델링 단계는 전략과 조화된 방안의 구체적인 실행을 위한 비용, 시기, 이득 등의 할당, 경제적 요소들의 모델링, 주기적인 계획 검토로 구성된다.

Table 2 Score of the each indicator for screening and prioritization⁽⁵⁾

| 설명인자 | 표지인자 | 등급점수 | 설명 | |
|---------|-----------|----------|------------------------|-------------------------------------|
| 중요성 | 공현도 | 1, 5, 10 | 생산 포트폴리오에서 해당호기의 비율 평가 | |
| | 임계도 | 1, 5, 10 | 6개월 정지시 경제적 손해 평가 | |
| 확실성 | 상태 | HAVE | 0, 1, 2, 3, 4, 5 | 설비의 현재 상태를 평가 |
| | | NEED | 1, 2, 3 | 향후 상태 개선시 비용 평가 |
| | 성능 | HAVE | 0, 1, 2, 3, 4, 5 | 강제정지 회수, 이용률 등 현재의 성능 평가 |
| | | NEED | 1, 2, 3 | 향후 성능 개선시 비용 평가 |
| | 운전상의 위험도 | HAVE | 0, 1, 2, 3, 4, 5 | 설비/작업자에 대한 현재의 위험도 평가 |
| | | NEED | 1, 2, 3 | 향후 위험도 개선 비용 평가 |
| | 운전/정비비 | HAVE | 1-5 | 운전/정비비에 따른 등급 평가 |
| | 지속성 | 인허가 | HAVE | 0, 1, 3, 5, 20,∞ |
| NEED | | | 1, 2, 5 | 향후 인허가 활동 범위 및 비용 평가 |
| 규제 승낙 | | HAVE | 0, 1, 3, 5, 20,∞ | 현재 규제 승낙 문제 평가 |
| | | NEED | 1, 3, 5 | 향후 규제 승낙 비용 평가 |
| 환경적 문제 | | HAVE | 0,3,5,20 | 현재의 환경적 문제 평가 |
| | | NEED | 1, 2, 3 | 향후 환경적 문제 해결을 위한 비용 평가 |
| 재해적 위험도 | | HAVE | 0, 1, 3, 5, 20,∞ | 현재의 재해적 위험도 평가 |
| | | NEED | 1, 3, 5 | 향후 재해적 위험도 완화를 위한 비용 평가 |
| 출력 | 용량 | HAVE | 0,1,3,5 | 수자원 대비 현재 발전 용량의 적절성 평가 |
| | | CAN | 1, 2, 5 | 용량 개선 가능성 평가 |
| | | COST | 1, 2, 3 | 향후 용량 개선 비용 평가 |
| | 효율 | HAVE | 0,1,3,5 | 현재 효율 평가 |
| | | CAN | 1, 3, 5 | 효율 개선 가능성 평가 |
| | | COST | 1, 2, 3 | 향후 효율 개선 비용 평가 |
| | 직원 | HAVE | 0,1,3,5 | 설비의 자동화 여부 평가 |
| | | CAN | 1, 3, 5 | 자동화 기회 평가 |
| COST | | 1, 2, 3 | 향후 자동화시 비용 평가 | |
| 설비 | HAVE | 0,1,3,5 | 설비의 현대화 정도 평가 | |
| | CAN | 1, 3, 5 | 설비의 현대화 기회 평가 | |
| | COST | 1, 2, 3 | 향후 설비 현대화 비용 평가 | |
| 유연성 | 현재의 생산 범위 | HAVE | 0, 3, 5 | 일일 부하, 주파수 조정 운전 등 현 생산범위 및 적절성 평가 |
| | | CAN | 1, 3, 5 | 생산범위 향상 가능성 평가 |
| | | COST | 1, 2, 3 | 향후 생산범위 향상 비용 평가 |
| | 계통 지원 | HAVE | 0, 3, 5 | VAR 제어, 국부 부하 등 현 계통 지원 범위 및 적절성 평가 |
| | | CAN | 1, 2, 3 | 계통 지원 향상 가능성 평가 |
| | | COST | 1, 2, 3 | 향후 계통 지원 향상 비용 평가 |
| | 서비스 | HAVE | 0, 1, 2 | 발전, 여가, 관개, 상수원 등 현재의 서비스 범위 평가 |
| | | CAN | 1, 2, 3 | 서비스 향상 기회 평가 |
| COST | | 1, 2, 3 | 향후 서비스범위 확대비용 평가 | |

3. 수명연장/현대화 계획 수립 방법론 적용

3.1 선별 및 우선순위 결정

Fig. 6은 대상 수력발전소 호기들의 운전년수를 보여주고 있다. 전체 발전소들 중 대규모 수명연장/현대화 기준수명에 도달하거나 초과한 발전소 호기들은 모두 7개임을 알 수 있다. 7개 해당 발전소 호기들을 대상으로 수명연장/현대화 우선순위를 결정한다.

Table 3과 4는 대상 수력발전소 호기들의 수명연장 및 현대화 우선순위를 각각 제시하고 있다.

Table 3 Life extension prioritization results of the target plants

| 표지인자 | A | B | C | D | E | F | G |
|------------------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| 공현도 - Have ¹⁾ | 5.3 | 6.7 | 6.8 | 9.0 | 6.0 | 1.0 | 1.0 |
| 임계도 - Have ²⁾ | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 5.0 | 5.0 |
| 중요도 ³⁾ | 15.3 | 16.7 | 16.8 | 19.0 | 16.0 | 6.0 | 6.0 |
| 상태 - Have ⁴⁾ | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 상태 - Need ⁵⁾ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 성능 - Have ⁶⁾ | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 성능 - Need ⁷⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 운전상의 위험도- Have ⁸⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 운전상의 위험도- Need ⁹⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| O&M 비용 - Have ¹⁰⁾ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 확실성 ¹¹⁾ | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 17 | 17 |
| 인허가 - Have ¹²⁾ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 인허가 - Need ¹³⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 규제 승낙 - Have ¹⁴⁾ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 규제 승낙 - Need ¹⁵⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 환경적 문제 - Have ¹⁶⁾ | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 환경적 문제 - Need ¹⁷⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 재해적 위험도- Have ¹⁸⁾ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 재해적 위험도- Need ¹⁹⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 지속성 ²⁰⁾ | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 18 | 18 |
| 수명연장 점수 ²¹⁾ | 16 | 14 | 14 | 18 | 18 | 35 | 35 |
| 수명연장 필요성 점수 ²²⁾ | 245 | 234 | 235 | 342 | 288 | 210 | 210 |
| 수명연장 우선 순위 | 3 | 5 | 4 | 1 | 2 | 6 | 6 |

계산 방법: 3)=1)+2), 11)=4)×5)+6)×7)+8)×9)+10), 20)=12)×13)+14)×15)+16)×17)+18)×19), 21)=11)+20), 22)=3)×21)

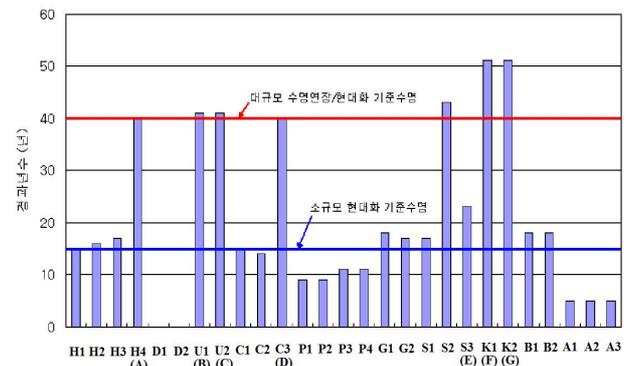


Fig. 6 Operating years for the target plants

Table 4 Modernization prioritization results of the target plants

| 표지인자 | A | B | C | D | E | F | G |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 중요도 ³⁾ | 15.3 | 16.7 | 16.8 | 19.0 | 16.0 | 6.0 | 6.0 |
| 용량 - Have ²³⁾ | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 용량 - Can ²⁴⁾ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 |
| 용량 - Cost ²⁵⁾ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 효율 - Have ²⁶⁾ | 3 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 효율 - Can ²⁷⁾ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 효율 - Cost ²⁸⁾ | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 직원 - Have ²⁹⁾ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 직원 - Can ³⁰⁾ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 직원 - Cost ³¹⁾ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 설비 - Have ³²⁾ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| 설비 - Can ³³⁾ | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 설비 - Cost ³⁴⁾ | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 출력 ³⁵⁾ | 66 | 78 | 78 | 42 | 62 | 167 | 167 |
| 생산 범위 -Have ³⁶⁾ | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 생산 범위 -Can ³⁷⁾ | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 생산 범위 -Cost ³⁸⁾ | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 계통 지원 -Have ³⁹⁾ | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 계통 지원 -Can ⁴⁰⁾ | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 계통 지원 -Cost ⁴¹⁾ | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 서비스 - Have ⁴²⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 서비스 - Can ⁴³⁾ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 서비스 - Cost ⁴⁴⁾ | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 유연성 ⁴⁵⁾ | 21 | 21 | 21 | 33 | 20 | 20 | 20 |
| 현대화 점수 ⁴⁶⁾ | 87 | 99 | 99 | 75 | 82 | 187 | 187 |
| 현대화 기회 점수 ⁴⁷⁾ | 1331 | 1653 | 1663 | 1425 | 1312 | 1122 | 1122 |
| 현대화 우선 순위 | 4 | 2 | 1 | 3 | 5 | 6 | 6 |

계산방법 : 35)=23)×24)×25)+26)×27)×28)+29)×30)×31)+32)×33)×34),
 45)=36)×37)×38)+39)×40)×41)+42)×43)×44),
 46)=35)+45), 47)=3)×46)

Table 3과 4에서 보이는 바와 같이 수명연장 필요성 측면에서는 D호기, E호기, A호기, C호기, B호기, F, G호기의 순서로 수명연장 시행이 필요하다. 현대화 기회 측면에서는 C호기, B호기, D호기, A호기, E호기, F, G호기 순서로 현대화 시행이 필요하다.

3.2 수명연장 방안 수립

Table 5와 6은 수명연장/현대화 방안과 일정 예를 제시하고 있다.

Table 7은 경제성 분석 결과로서 30년 운전시 현가화한 총 비용 (cost) 대비 현가화한 총 편익 (benefit)인 B/C ratio를 제시하고 있다. 현가화한 총 비용은 직접 투자 비용, 이자율, 물가 상승률, 할인율, 고정자산인자 등을 고려하여 계산되며 현가화한 총 편익은 출력/효율 향상에 따른 전력 생산 수익, 설비 개선/현대화에 따른 보수유지 비용 절감, 물가 상승률, 할인율 등을 고려하여 계산된다. Table 7에서 제시한 바와 같이 수명연장+현대화 사업 시행시 F, G호기를 제외하고는 30년

Table 5 Applicable life extension and modernization options (example)

| 설비 | 수명연장 | 수명연장+현대화 ^{*)} |
|----------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| A호기 | | |
| 수력 기계 설비 | 기존 설계의 런너로 교체 보수 | 최신 설계의 런너로 교체 최신 설계의 런너 교체에 의해 영향을 받는 기기 교체 |
| | 기존 설계의 가이드 베인 부위/축 슬리브로 교체 보수 | 최신 설계의 가이드 베인 부위/축 슬리브로 교체 추력 변화에 따른 쓰러스트 베어링 교체 |
| 전기 기계 설비 | 고정자 보수/재권선 | 최신 설계의 발전기로 교체 고정자 재권선 또는 최신 설계의 고정자로 교체 |
| | 기존 방식의 여자기로 교체 보수 | 최신 설계의 고정식 여자기로 교체 케이블 최신 설비화 |
| 보조 기계 설비 | 기존 설계의 윤활계통 전체(오일 냉각기 포함) 교체 보수 | 이중벽 설계의 오일냉각기를 포함하는 윤활계통 전체 교체 |
| | 기존 설계의 냉각수 계통 전체(물 냉각기 포함) 교체 보수 | 이중벽 설계의 물 냉각기를 포함하는 냉각수 계통 전체 교체 최신 설계의 화재방호계통(연기 제거 포함) 교체 |
| 보조 전기 설비 | 기존 설계의 변압기로 교체 보수 | 케이블 지지계통 정리 최신 설계의 변압기로 교체 수차/발전기 효율/출력 상승에 따른 기타 설비 교체 |
| | | |
| 보호 제어 설비 | 기존 방식의 보호 설비로 교체 | 디지털 방식의 공기압축기/배수 탈수 계통 펌프 제어 설비로 교체 |
| | 기존 방식의 제어 설비로 교체 | 디지털 방식의 윤활계통/냉각수 계통 보호장치로 교체 디지털 방식의 보호계전기/AVR/Synchronizer로 교체 제어시스템의 PLC화 |

*) 수명연장과 현대화를 동시에 수행하는 방안

계속운전 시점에서 경제적 이득이 있음을 알 수 있다. 가장 이득이 큰 발전소 호기는 D호기이며, E호기, B호기, C호기, A호기 순서로 이득이 크음을 알 수 있다. F, G호기 경우에는 기존 발전 설비용량만으로는 경제적인 수명연장 및 현대화를 수행할 수 없으므로 현대화를 통한 출력 증대와 운전/정비 비용의 대폭 저감이 필요하다.

4. 결론

노후수력 발전 설비의 수명연장 및 현대화와 관련된 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 수명연장 필요성 및 현대화 기회를 검토하고 계획수립을 시작하는 시점인 기준수명을 도입하고 EPRI 지침에 기반한 노후수력 수명연장/현대화 계획 수립 절차를 개발하였음
- 개발한 수명연장/현대화 계획 수립 절차를 해당 발전소 호기들에 적용하여 수명연장 필요성 및 현대화 기회 우선순위를 부여하였음
- 각 호기별 적용 가능한 수명연장/현대화 방안, 일정 및 B/C ratio를 도출하였음

Table 6 Schedule of applicable life extension and modernization options (example)

| 내용 | 시기 | 2008 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | | 2011 | | | | 2012 | | | | 2013 | | | | |
|---------|------------------------------------------------|-------------|---|---|----|------|---|---|----|------|---|---|----|------|---|---|----|------|---|---|----|------|---|---|----|--|
| | | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | |
| A 호기 | LE ¹⁾ /MD ²⁾ 사업 추진 계획 수립 | 용역 발주 및 계약 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 기기 입찰규격서 작성 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LE/MD 사업 수행 | 기기 구매광고/계약 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 기자재 제작 및 반입 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 해체 및 설치 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 사용전 검사 및 준공 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B, C 호기 | LE/MD 사업 추진 계획 수립 | 용역 발주 및 계약 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 기기 입찰규격서 작성 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LE/MD 사업 수행 | 기기 구매광고/계약 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 기자재 제작 및 반입 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 해체 및 설치 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 사용전 검사 및 준공 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D 호기 | LE/MD 사업 추진 계획 수립 | 용역 발주 및 계약 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 기기 입찰규격서 작성 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LE/MD 사업 수행 | 기기 구매광고/계약 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 기자재 제작 및 반입 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 해체 및 설치 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 사용전 검사 및 준공 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

주 1) LE : Life Extension (수명연장) 2) MD : Modernization (현대화)

참고문헌

Table 7 B/C ratios of the target plants for the case of 30 year-life extension

| B/C 호기 | 30년 운전시 B/C Ratio (수명연장+현대화 방안 : 대부분의 주요설비들을 교체) |
|--------|-----------------------------------------------------|
| A | 1.0442 |
| B | 1.5216 |
| C | 1.4285 |
| D | 1.6135 |
| E | 1.5854 |
| F | 0.4330 |
| G | 0.4469 |

- (1) Electricity Collaboration Association, Pyoung Sung 16, Guideline for Maintenance of Principal Equipments in Hydro Power Plant, Electricity Collaboration Research, Vol. 50, No. 3.
- (2) EPRI, 1999, *Hydropower Technology Round-up Report, Volume 2: Rehabilitating and Upgrading Hydro Power Plants*, EPRI TR-113584-V2.
- (3) U.S. DOE, 2006, *Replacement Units Service Lives Factors*.
- (4) Alstom, 2002, *Refurbishment Highlights*.
- (5) EPRI, 1999, *Hydro Life Extension Modernization Guide*, EPRI TR-112350.
- (6) EdF, 2004, *Framework for Policy & Decision-Making Dam and Hydro Plant Rehabilitation & Upgrading*.
- (7) Franseen, H., et al., 2003, *APGI Hydropower Modernization, A Partnered Process Approach to System Optimization*.