

신뢰도 및 경제성에 기반한 양수 발전 설비의 예방점검 주기 최적화 연구[§]

김 종 성^{*†}

* 순천대학교 기계공학과

Optimization of Preventative Maintenance Cycle for Equipments of Pumped-Storage Power Plant by Taking into Account Reliability and Economical Efficiency

Jong Sung Kim^{*†}

* Dept. of Mechanical Engineering, Sunchon Nat'l Univ.

(Received June 7, 2010 ; Revised July 5, 2010 ; Accepted July 14, 2010)

Key Words : Pumped-Storage Power Plant(양수 발전소), Reliability(신뢰도), Economical Efficiency(경제성), Preventative Maintenance(예방점검), Optimization(최적화)

초록: 최근 심야 전기 수요의 증가로 인해 양수 발전 설비의 이용률이 감소하고 있다. 이러한 이용률 감소는 양수 발전 설비를 운용/정비하는 측면에서 경제성을 향상시킬 필요성을 증가시킨다. 양수 발전 설비의 경제성 향상을 위해서는 예방점검 주기, 특히 분해점검 주기를 연장하여야 한다. 그러나, 무조건적인 연장은 불충분한 정비에 기인하는 예기치 못하는 파손을 발생시킬 수 있기 때문에 수행될 수 없다. 따라서 본 연구에서는 양수 발전 설비의 특성을 고려하고 기존 신뢰도 연구들을 검토하여 신뢰도와 경제성을 모두 고려하는 예방점검 주기 최적화 방법론을 제안한다. 최종적으로 실제 양수 발전 설비에 제안된 방법론을 국내 양수발전소에 적용하여 연장된 최적화 분해 점검 주기를 도출한다.

Abstract: Recently, the need for improving the economical efficiency of pumped-storage power plants has increased because of the decrease in the availability of electricity caused by an increase in the consumption of electricity at night. Therefore, a preventative maintenance cycle, especially an overhaul cycle, is required. Unconditional extension cannot be implemented because it may cause unanticipated failures due to insufficient maintenance. Therefore, in this study, a methodology for optimizing the preventative maintenance cycle by taking into account both reliability and economical efficiency is presented; this methodology has been developed by reviewing previous studies on reliability and considering the characteristics of pumped-storage power plants. Finally, an extended overhaul cycle is derived by applying this methodology to a domestic pumped-storage power plant.

1. 서론

최근 들어 심야 전기 수요의 증대로 양수 발전 설비의 낮은 이용률이 보고되고 있다.⁽¹⁾ 이러한 낮은 이용률은 양수 발전소의 경제성을 악화시킬 수 있다. 이러한 경제성 악화를 예방하기 위해서는 근본적으로 정비 비용의 절감과 정지 시간의 단축이 필요하다. 정비 비용의 절감과 정지 시간의 단

축은 주기적으로 실시되는 예방 점검 주기, 특히 분해점검 주기의 연장을 통해 용이하게 얻을 수 있다. 그러나 무조건적인 연장은 불충분한 정비에 기인하는 예기치 못하는 파손을 발생시켜 경제성 및 안전성에 보다 심각한 영향을 미칠 수 있기 때문에 수행될 수 없다. 수력 및 양수 발전에 대한 수명연장, 현대화 및 예방정비 관련 연구는 국내 외적으로 몇몇 연구⁽²⁻¹²⁾가 수행되었으나 미미한 실정이다. 국내에서는 최근 수력발전 설비에 대한 수명연장 및 현대화 계획을 수립하는 방법론을 개발 적용하였으나 예방 점검 주기를 최적화하는 방법론은 개발 제시되지 않았다.⁽²⁾

§ 이 논문은 2010년도 대한기계학회 신뢰성부문 춘계학술대회 (2010. 5. 27.-28., 전남대 컨벤션홀) 발표논문임.

† Corresponding Author, kimjsbat@sunchon.ac.kr

© 2010 The Korean Society of Mechanical Engineers

따라서 본 연구에서는 우선 예방점검 주기의 연장 가능성을 해외 및 국내 수력 또는 양수 발전에 대한 예방점검 현황⁽³⁻⁸⁾의 검토를 통해 고찰하고자 한다. 또한, 양수 발전 설비의 특성을 고려하고 기존 신뢰도 연구들^(6,9-12)을 검토하여 신뢰도와 경제성을 모두 고려하는 효율적인 예방 점검 주기 최적화 방법론을 제안한다. 최종적으로 실제 양수 발전 설비에 제안된 방법론을 국내 양수발전소에 적용하여 연장된 최적화 분해 점검 주기를 도출한다.

2. 국내외 양수 발전소 예방점검 현황

2.1 설비 사양

Figure 1 은 양수 발전 설비를 개략적으로 제시한 것이다. 일반 수력 발전 설비와의 차이는 수차가 양수 펌프를 겸하며 발전기가 전동기를 겸한다는 것이다. 또한 양수 기동시 수면 저하를 통한 저항 감소를 위해 공기 압축 설비가 설치된다.

2.2 예방점검 주기 현황

Table 1 은 국내외 수력 또는 양수 발전소의 예방점검 주기이다.⁽²⁻⁷⁾ 여기서 A 급은 모든 기기들을 분해하는 완전 분해 점검이며 B 급은 일부 기기들만 분해하는 부분 분해 점검이다. Table 로부터 국내의 경우, 국외 보다 예방점검 주기가 짧음을 알 수 있다. 표준 공기가 긴 A 급 경우 정지시간에 지배적인 영향을 미침을 알 수 있다. 동경전력, 전원개발 등 일본 발전소들은 12~18 년에 한번씩, 미국 양수 발전소들은 평균 10 년(5~16 년)에 한번씩 A 급 예방점검을 수행하는 반면 국내의 양수 발전소들은 4~6 년에 한번씩 A 급 예방점검을 수행한다. 동경전력과 전원개발의 양수 발전 관련 담당자를 면담한 결과, A 급 예방점검 주기는 6 년 정도부터 점진적으로 증가시킨 것이며 향후 15 년까지 증가시킬 예정이라는 사실을 확인하였다.⁽¹⁵⁾ 또한, 일본의 양수발전 경우에도 최근 국내와 동일하게 10% 미만의 낮은 이용률을 유지함을 확인하였다. 일본에서는 A 급 예방점검시 분해한 주요 설비들(수차, 가이드 베인, 발전기 등) 중 손상이 발생한 경우 수력발전 설비 제작사 공장으로 반출하여 신제품에 준하는 품질로 향상시켜 정비하고 있다.

이러한 점들을 고려한다면 국내 경우에도 일본과 같이 A 급 예방점검 주기의 장주기화가 가능하나 예방점검의 방법의 차이 때문에 10~15 년 정도

Table 1 Preventative maintenance cycles of domestic and overseas pumped-storage power plants

Classification			A Class Preventative Maintenance Cycle (years)	Standard Period (days)	
Domestic/overseas	Company	Power Plant		A	B
Domestic: pumped-storage ⁽²⁾	A	L	4(A-B-A)	80	18
	B	M	4(A-B-B-A)	76	12
	C	N	5(A-B-A)	80	18
	D	O	4-6(A-B-B-B-A)	80	16
	E	P	4(A-B-A)	80	18
Domestic: hydro	KHNP ⁽³⁾	-	4(A-B-A)	-	-
	K-Water ⁽⁴⁾	-	5(A-B-A) or 6(A-B-B-A)	-	-
Japan: hydro including pumped-storage ⁽⁵⁾	-	-	9~15 or depends on equipment condition	-	-
Japan: pumped-storage ⁽⁶⁾	TEPCO	Tamahara	12~18 (20,000hours)	150~180	21~28
	J-Power	Okki	15	125	8~10
USA: pumped-storage ⁽⁷⁾	-	-	Average 10 (5~16)	75~150	-

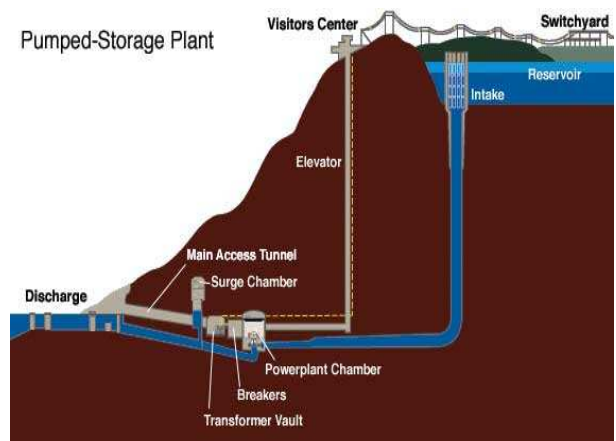


Fig. 1 Schematic layout of principal components in a pumped-storage power plant

의 장주기화를 위해서는 세밀한 검토와 순차적인 장주기화가 필요하다.

3. 신뢰도 평가 관련 기존 연구 검토

3.1 예방점검 주기 결정 방법론 검토

Snowy Mountains Hydro-electric Authority 에서는 정비 계획 전문가 시스템 개발 상용 프로그램인 RCM Turbo⁽¹²⁾을 이용하여 보유 수력발전 설비의 완전 분해점검 주기를 Figure 2 와 같이 최적화하였다.⁽⁸⁾ Figure 2 에 제시된 바와 같이 완전 분해 점검 주기가 증가할수록 계획 점검 비용은 지속적으로 감소하는 반면 예기치 않는 파손에 따른 계획되지 않는 정비 비용은 파손 확률의 증가로 급격히 증가할 것이다. 따라서 두 비용의 총합은 Figure 2 에서 제시된 바와 같이 최소값을 가지게 되며 이때의 시점이 바로 총 비용을 최소로 하는 최적 완전 분해 점검 주기가 된다. 그러나 상기 방법은 단일 예방점검 주기를 넘어서는 운전 시간 경과에 따른 신뢰도 저하를 반영하지 못할 뿐만 아니라 파손 확률에 따른 정비 비용을 정확하게 산출하기 어렵고 계획 점검 비용과 신뢰도와의 관계를 고려하지 않았고 예기치 않는 파손에 따른 계획되지 않는 정비 비용과 신뢰도 사이의 관계를 명확하게 제시하지 않았다.

일본 전기협회에서는 수차의 열화 진단 방법/대책을 개발하는 연구의 일환으로써 Figure 3 과 같이 경제적 수리 주기 결정 방법론을 제시하였다.⁽⁵⁾ Figure 2 의 경우와 동일한 개념임을 알 수 있다.

Vasilevski 등은 수력발전 설비에 대한 최적의 예방점검 주기 및 재건설 시기를 결정하기 위해 Figure 4 와 같이 예방점검 주기에 따라 신뢰도의 변화를 고찰하는 방법을 제시하였다.⁽⁹⁾ Figure 4 에서 보이는 바와 같이 완전 분해 점검 주기에 따라 운전 시간 경과에 대한 신뢰도 저하 경향이 변화되며 신뢰도가 임계 값에 도달하기 이전에 재건설을 추진하여야 하며 되도록 늦게 재건설 시기가 오도록 완전 분해 점검 주기를 조정하여야 함을 의미한다. 그러나 임계 파손 확률을 설정하는 방법을 제시하지 않아 그대로 적용하기에는 곤란하며 경제성을 고려하지 않았다.

3.2 신뢰도 평가 방법론 검토

EPRI TR-111488⁽¹⁰⁾에서는 원자력 발전소와 화력 발전소에 널리 적용되고 있는 RCM (reliability-centered maintenance) 대신에 작은 양의 정보 만으로도 용이하게 적용할 수 있도록 단순화시킨 SRCM

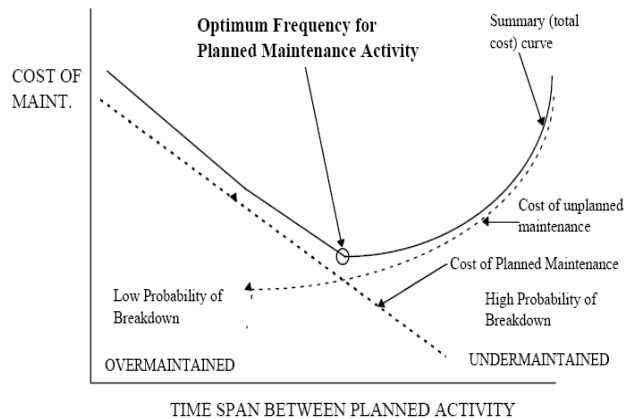


Fig. 2 Maintenance cost optimization curve of Snowy Mountains Hydro-electric Authority

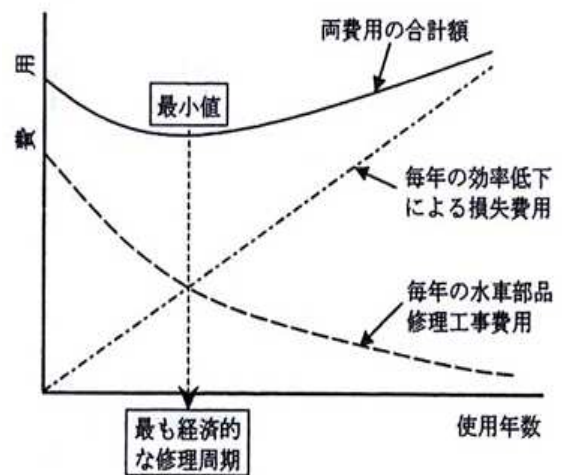


Fig. 3 Methodology of Japan Electricity Association to determine economical maintenance cycle of hydro-electric power equipments

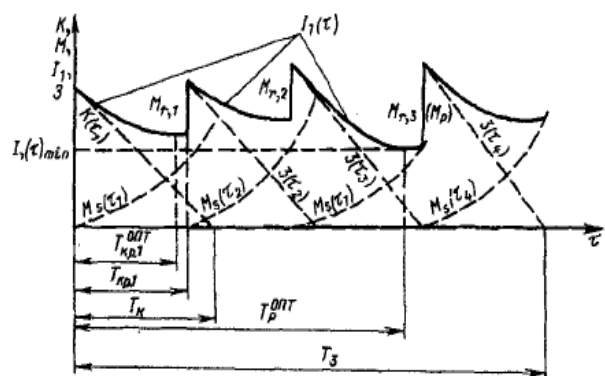


Fig. 4 Vasilevski's methodology to determine optimal overhaul cycle and re-construction time

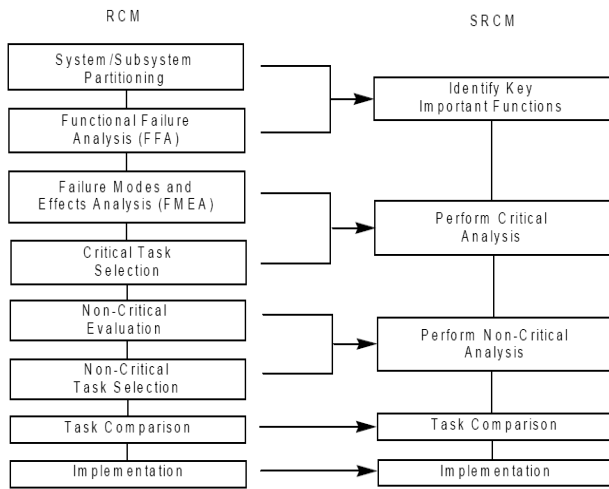


Fig. 5 Comparison of SRCM with RCM

(streamlined RCM)을 적용하여 수력발전 설비의 신뢰도를 평가하는 프로그램 개요를 설명하였다.

Figure 5는 RCM과 SRCM의 차이를 비교 제시하고 있다.⁽¹⁰⁾ Figure에서 보이는 바와 같이 평가 단계가 단순화되었음을 알 수 있다. 운전/정비 자료를 취합한 후 이를 토대로 대상 기기의 핵심 중요 기능(설비 안전 또는 전력생산과 직접적으로 관련있는 기능)을 확인한다. 중요 기능을 수행하는 기기들에 대해서는 파손 양식과 영향을 분석하는 FMEA(failure mode and effect analysis)와 중요 기능을 유지하기 위한 필요 과업을 선정하는 임계 분석을 수행한다. 비중요 기기들에 대해서는 경제성을 고려한 다양한 기준들을 적용하여 예방점검 대상 포함 여부를 분석하고 필요 과업을 선정하는 비임계 분석을 수행한다. 임계 분석 및 비임계 분석을 통해 도출된 결과들을 기존 정비 프로그램과 비교하고 보완한 후 최종적으로 SRCM 과정을 통해 개발된 예방점검 프로그램을 시행한다.

EPRI TR-114160⁽¹¹⁾은 EPRI TR-111488의 후속 작업으로 도출된 보고서로서 SRCM이 성공적이 되기 위한 세가지 핵심 요소들(건전하고 경제적인 SRCM 과정, SRCM 데이터를 효과적으로 일관되게 관리하는 소프트웨어, 프로젝트 관리와 작업 문화 변화)을 제시하고 관련 요건들을 설명하였다.

이러한 EPRI 연구들의 목적은 예방점검 주기의 최적화가 아니라 신뢰도 향상을 위한 예방점검 항목 도출이다. 또한, 경제성을 고려하지 않았다.

4. 예방점검 주기 최적화 방법론

4.1 기본 가정 및 전제

양수 발전 설비에 대한 최적의 예방점검 주기를

도출하는 방법론을 개발하기 위해 설정한 기준 가정은 다음과 같다.

- A 급 예방점검(완전 분해 점검)을 통해 설비 및 계통 전체의 신뢰도는 대폭 향상됨
- B 급 예방점검(부분 분해 점검)만을 적용 수행하는 부속기기 또는 기기들에 대한 B 급 예방점검은 설비 및 계통 전체의 신뢰도에 미치는 영향이 미미함

최적화 방법론을 개발하는데 있어 사용한 전제는 다음과 같다.

- 예방점검 항목을 보완하거나 공기를 결정하는 것 보다는 최소의 예상 비용을 지불하도록 최적화 예방점검 주기를 결정하는 것이 목적
- 신뢰도를 고려하기 위해 RCM 기반으로 개발 하되, SRCM과 RCM의 중간수준으로 신뢰도를 평가하고 최적화를 위해 경제성 고려
- 가능하면 실제 점검 이력을 최대한 이용하되 평가 절차는 되도록 단순화
- 운전 시간 경과에 따른 신뢰도 저하를 고려하고 신뢰도-예방점검 비용, 파손확률-사후 보존비용의 관계를 도입
- A 급 및 B 급 예방점검 보고서 한도에서 수행

4.2 전체 과정

개발하고자 하는 방법론은 예방점검 항목의 타당성을 검토하고 점검 항목을 수정 보완하는 것이 아니라 기존 예방점검 항목으로 예방점검을 수행하였을 때 예방점검 주기를 최적화하는 것이다. 따라서 Figure 5에 제시된 RCM/SRCM 방법론에서 과업 선택 및 비교는 제외된다. 또한, 평가 절차의 단순화를 위해 FFA(functional failure analysis)는 FMEA에 포함되어 수행되며 신뢰도 평가가 포함된다. 최소의 비용을 지불하는 최적의 예방점검 주기를 도출하기 위해서는 예방점검 시나리오 구성 및 경제성 평가가 추가된다. Figure 6은 방법론 전체의 흐름도를 제시한다.

4.3 세부 과정

Figure 7은 평가 대상 기기/부속기기 선정 절차를 제시하고 있다. Figure 7에서 보이는 바와 같이 기본 가정사항에 따라 A 급 예방점검이 적용되는 기기 및 부속기기들을 평가 대상으로 선정한다. 평가 대상으로 선정된 기기/부속기기의 발생 손상 기구를 고찰하기 위해 B 급 적용 사실을 기록한다.



Fig. 6 Overall flow chart of process to optimize preventative maintenance cycle of pumped-storage power equipments.

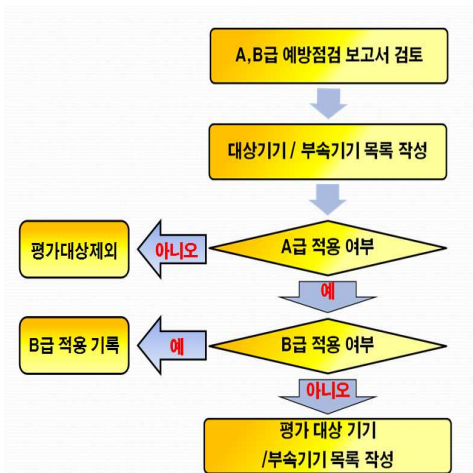


Fig. 7 Flow chart to select principal components and subcomponents

평가 대상 기기/부속기기로 선정된 기기/부속 기기 들에 대해 A 급 및 B 급 예방점검 보고서를 검토하여 점검항목/형태별 이력을 정리한다. 또한, 점검항목과 손상기구 사이의 관계를 제시한다. 이력 정리 결과를 토대로 점검항목(손상기구)별 보수/교체 이력 발생 여부를 평가하여 보수 또는 교체 이력이 있는 경우 평가 대상 기기/부속기기-손상 기구에는 검사시 손상기구 감지 여부를 확인하여 해당 손상기구가 발생하였다면 평가 대상 기기/부속기기-손상기구로 도출된다. Figure 8 은 평가 대상 기기/부속기기-손상기구 도출 과정의 흐름도를 제시하고 있다.

Figure 9 는 FMEA 절차의 흐름도를 보여주고 있다. 평가 대상 기기/부속기기-손상기구가 부속기기

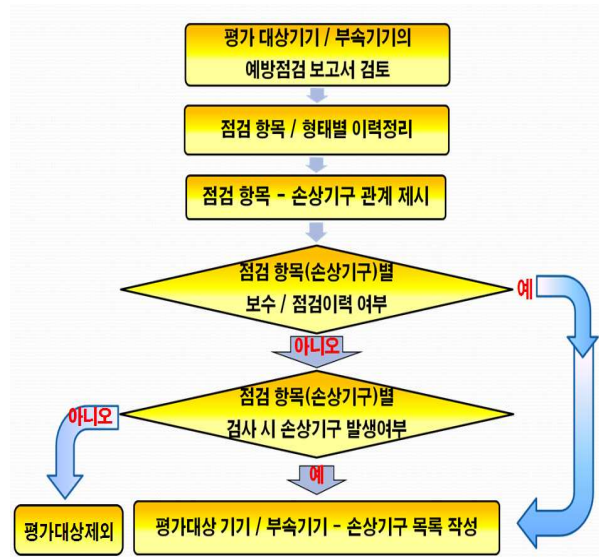


Fig. 8 Flow chart to derive principal components/sub-components-damage mechanisms.

에 발생시 미치는 영향을 평가하고 평가 결과를 토대로 기기/계통에 미치는 영향을 평가한다. 영향 평가 결과가 대형사고 유발, 주요한 발전효율 저하, 비상정지일 경우 심각한 영향으로 분류되며 다음 단계인 보수/교체 년수 도출을 위한 최종 평가 대상 기기/부속기기-손상기구로 선정된다. 주요한 성능저하, 환경/설비 오염, 오동작 등이라면 주요한 영향으로 분류되며 B 급 예방점검시 보수 및 교체 가능 여부를 판정한다. 보수 및 교체가 가능하다면 최종 평가 대상 기기/부속기기-손상기구 목록에서 제외된다. 손상기구 발생이 기기/계통에 미치는 영향이 미미하다면 B 급 예방점검시 보수 및 교체 가능 여부를 판정하는 것 없이 바로 평가 대상에서 제외된다.

Figure 9 의 과정을 통해 도출된 최종 평가 대상 기기/부속기기-손상기구들에 대해 A 급, B 급 예방점검 이력을 분석하여 부속기기-손상기구별 실제 보수 주기(최저/평균) 및 실제 교체 주기(최저/평균)를 도출한다. 이러한 보수 및 교체 주기는 누적 위험도 속도 함수 (CHRF : cumulative hazard rate function)의 계수를 도출하는 입력자료로 활용된다. 단위 주기 내에서 점검 등급의 순서 및 회수의 변화에 따라 신뢰도가 변화된다. 따라서 단위 주기 내 예방점검 등급 순서 및 회수가 정해진 예방점검 시나리오를 구상하여야 한다. 예를 들면, A-B-A, A-B-B-A, A-B-B-B-A 등이다.

최종 평가 대상 기기/부속기기-손상기구의 보수/교체 년수를 입력자료로 하여 식 (1)에 제시된 CHRF $H(t)$ 의 계수를 결정한다. 보수 또는 교체

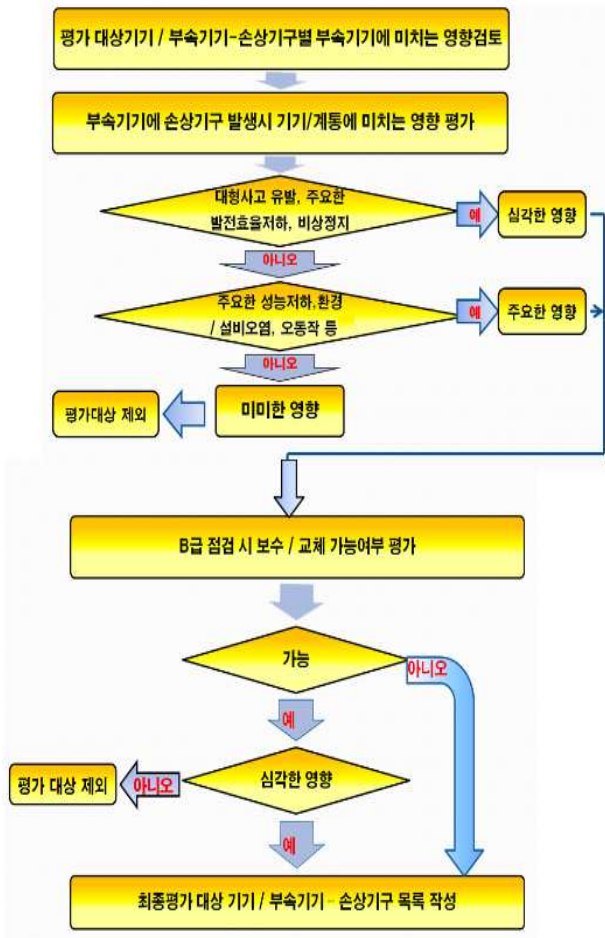


Fig. 9 Flow chart of FMEA

데이터가 충분히 많은 경우에는 이를 토대로 수치 해석을 통해 CHRF 계수 a_0, a_1, a_2 를 도출한다.

$$H(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \quad (1)$$

$$R(t) = \exp(-H(t)) \quad (2)$$

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (3)$$

여기서 $R(t)$ 는 신뢰도 함수, $F(t)$ 는 파손 시간에 대한 누적 분포 함수 (CDF : cumulative damage function)이다.

데이터가 충분치 않은 경우에는 실제 보수/교체 데이터, 참조 신뢰도 선도⁽¹³⁾ 또는 데이터베이스⁽¹⁴⁾와 Bayesian Updating 기법⁽¹⁵⁾를 이용하여 도출한다. CHRF 계수를 입력자료로 활용하여 시나리오/시간에 따른 부속기기-손상기구 별 신뢰도를 계산한다. 부속기기-손상기구 별 신뢰도를 입력자료로 이용하고 대상기기의 기능에 미치는 각 부속기기-손상기구 별 영향을 고려하여 대상기기 신뢰도를 계산한다. 또한, 운전 모드(발전, 양수, 발전 급정지, 발전 완정지, 발전 비상정지, 양수 급정지, 양수

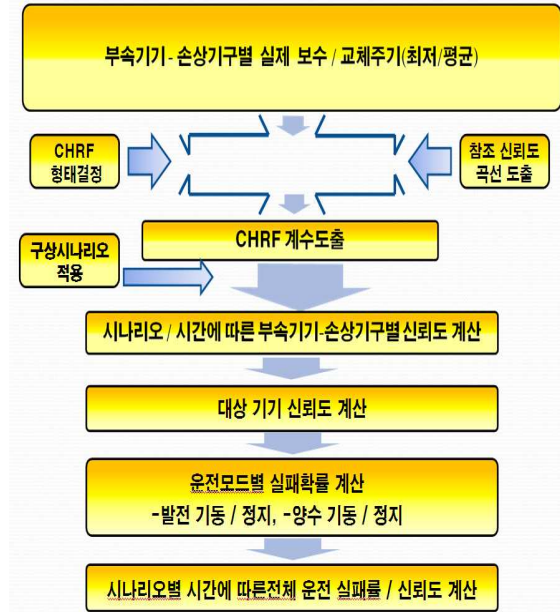


Fig. 10 Flow chart of reliability analysis

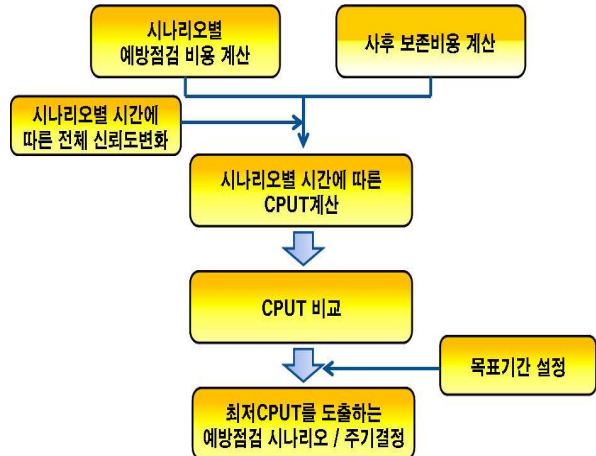


Fig. 11 Flow chart of economical efficiency analysis

완정지, 양수 비상정지) 별 각 기기의 역할 관계와 대상기기 신뢰도로부터 운전 모드 별 실패확률을 계산한다. 최종적으로 운전이력으로부터 도출한 운전 모드 별 발생 확률과 운전 모드 별 실패확률을 이용하여 시나리오 별 시간에 따른 전체 운전 실패율/신뢰도를 도출한다. Figure 10은 신뢰도 평가 과정을 제시하고 있다.

Figure 11은 최적 예방점검 주기를 결정하기 위한 경제성 평가 흐름도를 나타내고 있다. 우선적으로 운전 정비 이력으로부터 예방점검 시나리오별 예방점검 비용 C_p 와 파손시 발생할 사후 보존비용 C_u 를 도출한다. 사후 보존비용에는 발전 생산 기회 비용과 파손 복구를 위한 정비 비용을 포함한다. 발전 생산 기회 비용 계산에는 현재/예

상 이용률, 정비 기간 등을 고려해야 한다. 식 (4)에 따라 단위 운전 시간당 비용 CPUT(cost per operating unit time)를 시나리오 별 시간에 따라 계산한다.

$$CPUT(t) = \frac{t_p [C_p R_{min} + C_y (1 - R_{min})]}{t \int_0^{t_p} R(s) ds} \quad (4)$$

여기서 t_p 는 1 주기 시간, t 는 구상 시나리오의 수행 지속 목표기간, R_{min} 은 주기 내 최저 신뢰도 값이다.

구상한 예방점검 시나리오의 수행 지속 목표기간을 설정한 후 이 시점에서 최저 CPUT 값을 도출하는 예방점검 주기를 최적 예방점검 주기로 결정한다.

5. 최적화 방법론 적용 결과

5.1 대상 발전소

Table 2는 개발한 예방점검 주기 최적화 방법론을 적용한 양수 발전 설비 개요를 제시하고 있다.

5.2 적용 결과

Figure 12는 개발한 방법론을 대상 발전소에 적용한 결과로서 다양한 예방점검 주기를 가지는 예방점검 시나리오 1(A-B-B-A)의 시간에 따른 신뢰도 변화를 보여주고 있다. Figure 12에서 보이는 바와 같이 시간 경과에 따라 신뢰도가 감소하다가 B 급 또는 A 급 예방점검 이후 신뢰도가 상

Table 2 Overview of a pumped-storage power plant for application of the developed optimization methodology

Items	Unit	Electricity generation	Pumping	
Operating time	years	24		
Capacity	MW	300×2	370×2	
Pump turbine	Type	Francis		
	Max/min. head	m	345/288	355/310
	Max. output	kW	310,000	370,000
	Normal revolution speed	rpm	300	300
Generator/Motor	Type	Vertical Inductive generator/motor		
	Output	kVA	335,555	294,752
	Voltage/current	kV/A	18/10,763	18/10,763
	Exciter voltage/current	V/A	375/1,656	375/1,656
Pony motor	Type	-	-	Vertical Inductive motor
	Output	kW	-	12,000
	Revolution speed	rpm	-	300
	Voltage/current	V/A	-	6,600/1,712

승하는 경향을 보이고 있다. 이는 Figure 4의 경향과 동일한 경향이다. 예방점검 주기가 커질수록 신뢰도가 저하하는 정도가 큼을 알 수 있다. 또한, A 급 경우가 B 급 경우 보다 신뢰도를 향상시키는 정도가 큼을 알 수 있다.

Figure 13은 시나리오 1의 다양한 예방점검 주기에 대한 목표 운전 시간에 따른 CPUT 변화를 보여주고 있다. 여기서 목표 운전 시간은 예방점검 주기를 설정하고 지속적으로 추진하고자 하는 시점까지의 운전 시간을 의미한다. 목표 운전 시간이 증가할수록 CPUT 값이 예방점검 주기에 무관하게 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히, 목표 운전 시간이 작을 때에는 예방점검 주기가 작은 경우 CPUT가 작으나 목표 운전 시간이 증가할수록 예방점검 주기가 큰 경우 CPUT가 커진다. 목표 운전 시간이 약 10년 이상이 되면 주기 7.5년의 경우가 가장 작은 CPUT를 가짐을 알 수 있다. 즉, 목표 운전 시간이 10년 이상이라면 시나리오 1(A-B-B-A)에서 최적 예방점검 주기는 7.5년임을 알 수 있다.

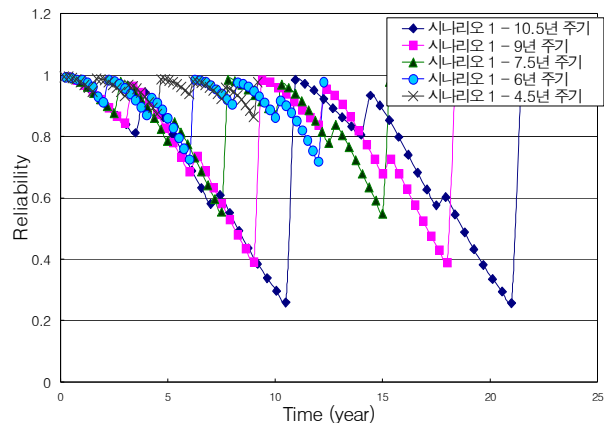


Fig. 12 Reliability of unit vs. time according to various preventative cycles of scenario 1

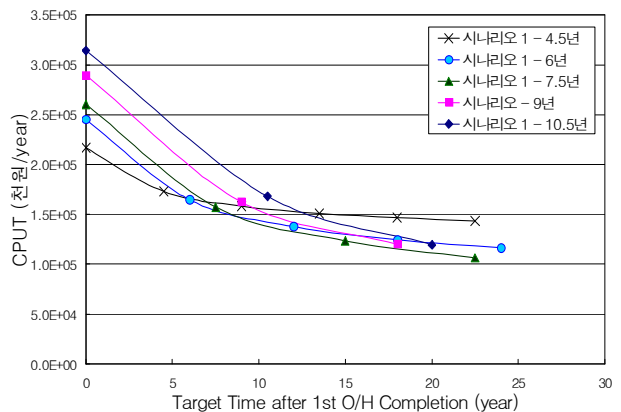


Fig. 13 CPU of unit vs. time according to various preventative cycles of scenario 1

6. 결 론

양수 발전 설비의 예방점검 주기를 최적화하는 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 국내외 수력 또는 양수 발전 설비의 예방점검 현황의 고찰을 통해 장주기화가 가능할 것으로 판단된다.
- 예방점검 주기에 따른 발전 호기의 신뢰도와 경제성 변화를 고찰할 수 있는 신뢰도 및 경제성에 기반한 예방점검 주기 최적화 방법론을 제안하였다.
- 제안한 최적화 방법론을 국내 양수 발전 설비에 적용한 결과 시나리오 1(A-B-B-A) 경우 약 7.5년 임을 도출하였다.

후 기

본 연구는 2009년 한국서부발전(주) 공모과제 "양수발전 설비에 대한 효율적 수명관리 방안 및 현대화 계획의 수립 방법론 개발"의 일환으로 수행된 과제입니다.

참고문헌

- (1) <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=125&oid=214&aid=0000070659>.
- (2) Kim, J.S., Kwon, C.S., Kwon, H.C. and Song, B.H., 2009, "Development of Establishment Methodology for Life Extension and Modernization Plan of Hydropower Plant Equipment," *Transaction of KSME, A*, Vol.33, No.10, pp.1171~1176.
- (3) Korea Western Power Co., Ltd., 2009, *Planning Report to Optimize Preventative Maintenance of Pumped-Storage Power Plant*.
- (4) Korea Hydro & Nuclear Co., Ltd., 1976~2006, *Electricity Generation Chronicles*.
- (5) K-Water, 2008~2010, *Electricity Generation Chronicles*.
- (6) Japan Electricity Association, 2004, *Investigation on Diagnosis Methods and Measures for Aging of Hydro Turbine*.
- (7) Kim, J.S., 2009, *Overseas Business Trip Report for Investigation on Preventative Maintenance Situation of Japan Pumped-Storage Power Plant*.
- (8) EPRI, 1991, *Operation and Maintenance Experience of Pumped-Storage Plants*, EPRI GS-7325.
- (9) http://www.strategiccorp.com/news%20case%20studies/_rcm01.pdf.
- (10) Vasilevski, A.G., et al., 1995, "Concerning the Problem of the Life of Hydropower Objects and Assignment of Their Optimal Overhauls and Reconstruction," *Power Technology and Engineering*, Vol.29, No.1.
- (11) EPRI, 1998, *Streamlined Reliability-Centered Maintenance (SRM) Program for Hydroelectric Power Plants*, EPRI TR-111488.
- (12) EPRI, 1999, *Guidelines for RCM in the Hydro Power Industry*, EPRI TR-114160.
- (13) <http://www.pinnaclesystems.us/solutions/manuf-reliability-mro-solutions/rcm-turbo>.
- (14) USACE, 1998, *Reliability Analysis and Assessment of Hydropower Equipment*, IWR Report 98-R-6.
- (15) IEEE, 1984, *IEEE Standard Reliability Data for Pump and Drives, Valve Actuators, and Valves*, ANSI/IEEE Std 500-1984 P&V.
- (16) <http://www.statisticalengineering.com/bayesian.htm>.