

전기철도 송변전 전력설비 신뢰성 기반 유지보수 전략선정

Selection of Maintenance Strategy for Electric Railway Power system Based on Reliability

조동일*, 남태양*, 문원식*, 김재철*, 한성호†

Dong-Il Cho*, Tae-Yang Nam*, Won-Sik Moon*, Jae-Chul Kim*, Sung-Ho Han†

초 록 This study aims to select a maintenance strategy based on reliability-based asset management. The expected lifespan is evaluated using the failure rate calculated from maintenance data and the Weibull Parameter. The system impact of component-level availability and failure rate is ranked to establish a maintenance strategy according to the priority of importance.

주요어 : 전기철도, 송변전설비, 자산관리, 유지보수, 신뢰도

1. 서 론

한국 철도 분야의 자산관리는 KTX 개발과 함께 도입되었다. 하지만 토목과 차량분야에 국한되어 선행 연구들에 의해 전사적 자산관리체계 도입 필요성이 강조되어 왔다.[1]

그 중 전기철도 전력설비 자산관리의 기대 효과는 다음과 같다. 첫째, 전력설비는 대부분 고가의 장비로 구성되므로 설비수명 연장을 통해 운영비용을 절감할 수 있다. 둘째, 전력 공급 중단을 예방하여 서비스 품질을 유지한다. 셋째, 사고 위험을 최소화할 수 있다. 마지막으로, 에너지 낭비를 줄여 지속 가능한 에너지 시스템 구축에 도움을 준다.[2]

본 연구는 신뢰성 기반 자산관리를 바탕으로 유지보수 전략 선정을 목표로 한다. 유지보수 데이터를 통해 계산된 고장률과 Weibull Parameter를 이용해 기대수명을 평가한다. 컴포넌트 단위 가용률과 고장률의 시스템 영향성을 랭크화하여 중요도 우선순위에 따른 유지보수 전략을 수립한다.

2. 본 론

2.1 전기철도 송변전설비 자산관리

2.1.1 신뢰성 기반 유지보수 전략선정

시간 기반 유지보수(TBM)는 정해진 시간 간격이나 작동 시간에 따라 유지보수 작업을 수행하는 전략이다. 이는 전통적인 유지보수 방법으로 단순하고 예측가능 하지만 불필요한 유지보수로 인한 비용이 발생할 수 있다.

신뢰성 중심 유지보수(RCM)는 시스템의 신뢰성을 향상시키기 위한 유지보수 전략이다. 이는 실패모드와 그 영향을 분석하여 유지보수 작업을 계획하는 전략으로 신뢰성 지표를 이용한다. 따라서 상대적으로 복잡한 방법으로 초기 비용이 발생할 수 있지만 장기적인 비용 효율이 높을 수 있다.[2]

유지보수 전략선정 프로세스는 다음과 같다. 유지보수 데이터를 통해 생존분석으로 계산된 일정형 고장률과 Weibull Parameter를 이용한 시변 고장률로 신뢰성 지표를 도출한다. 시스템 신뢰도를 산출한 후 수리시간에 따른 민감도 분석을 통해 전체 시스템에 미치는 영향을 파악하고 랭크화하여 유지보수 우선순위를 매긴다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원 스마트전기 신호본부 전철전력연구실 (shhan@krri.re.kr)

* 숭실대학교 공과대학 전기공학과

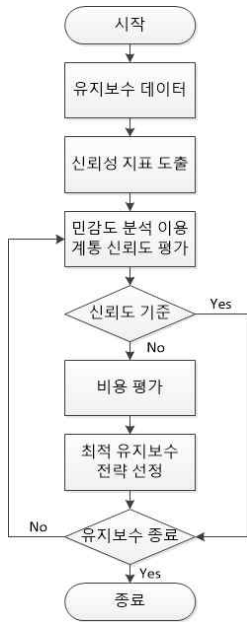


Fig. 1 Algorithm of selection of maintenance strategy

2.1.2 사례연구

표 1은 유지보수 전략선정 알고리즘으로 선정된 3가지 RCM 전략 컴포넌트를 나타낸다. 어느 한 변전소 계통을 가정하여 시스템 신뢰도에 영향을 미치는 컴포넌트를 선정한 결과로 VCB, TR, Bushing이 선정되었다.

Table 1 Sensitivity Analysis Results[]

Component	Failure Rate	Δ Availability	Δ Reliability	Score	strategy
VCB	17	12	18	47	RCM
Transformer	14	19	10	43	RCM
Bushing	8	15	15	38	RCM
PT	2	3	3	8	TBM
CT	9	8	8	25	TBM
LA	5	4	6	15	TBM
ES	3	7	4	14	TBM
NGR	3	5	4	12	TBM
DS	1	2	2	5	TBM

그림 2는 TBM과 민감도 평가(RCM) 전략별 30년간 시스템 신뢰도를 나타낸다. TBM은 3회, 제안 방식은 8회 유지보수가 시행되었다. 이는 일정주기로 교체하는 TBM과 달리 가용률 기준에 따라 순환교체하는 방식을 채택하여 TBM 대비 제안된 방식이 더 높은 신뢰도를 유지하는 것을 알 수 있다.

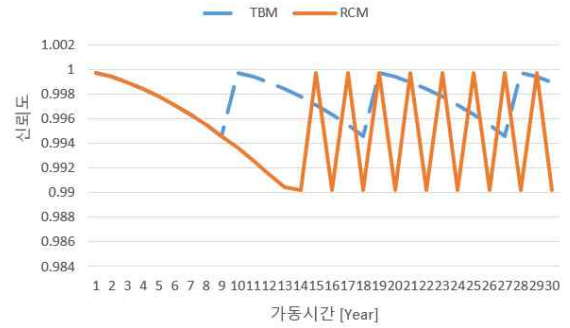


Fig. 2 30-Year Availability Graph by Strategy

3. 결론

민감도 분석을 통해 RCM 컴포넌트를 선정할 결과 TBM과 비교하여 30년 간 5회 유지보수 횟수가 더 많았지만 보다 높은 신뢰도 요구치를 만족하는 것으로 보인다.

추후 연구로는 고장확률(PoF) 산출 단계에서의 상태정보 반영 가중치 산정과 전기철도 분야 고장영향(CoF) 산출에 관한 비용, 안전, 환경 등의 세부적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후기

본 논문은 산업통상자원부의 차세대 AC/DC Hybrid 배전네트워크(MVDC) 사업(과제번호 0225500000120)의 일환으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 안태봉, 박준태. (2019) 철도시설 고장사례의 지식화를 위한 모형 개발, 한국철도학회 논문집, 22(2), 169-177.
- [2] Sun-Keun Seo, et al. (2020). Reliability Engineering 3rd, Kyomunsa.
- [3] Waloddi Weibull, A Statistical Distribution Function of Wide Applicability, ASME Journal of Applied Mechanics, 1951.
- [4] Joong-Woo Shin, Adaptive Reliability-Centered Maintenance Scheduling for VSC-HVDC using Hybrid Failure Rate Model, Ph.D. diss, Soongsil University, 2022.