

계통보호 전송장치(PITR)의 교체기준 설정에 관한 연구

송인준*, 박경수*, 한정열*, 이상복**
한국전력공사*, 서경대학교 산업공학과**

Study of Establishment of Substitution Cycle to the Protective Information Transmitter & Receiver

In-Jun Song*, Gyung-Soo Park*, Jeong-yuel Han* Sang-Bok Ree**
KEPCO*, Dept. of Industrial Engineering Seokyeong University**

Abstract - 본 논문은 계통보호 전송장치(PITR)의 교체기준 설정에 관한 연구이다. 본 논문에서는 PITR의 최적 교체주기를 찾기 위하여 다양한 시도를 하였다. 고장데이터로 고장 분포함수를 이용한 이론적인 수명주기 활용, 현장 전문가 의견, 제작사 전문가 경험 등을 종합하여 PITR의 최적 교체주기를 제안하였다.

다양한 함수들이 적합한 것으로 나타났을 때는 Weibull 분포로 간주하는 것이 합리적이다.

2.3.2 Weibull 분포로 가정

Minitab을 이용하여 Weibull 함수라 할 때, 신뢰성 함수 등을 구하면 아래 <그림 1>과 같이 그려진다.

1. 서 론

계통보호 전송설비는 보호계전기간 신속한 정보교환을 위하여 사용하고 있다. 한편의 계통보호 전송설비는 과거 PLC(Power Line Carrier)로부터 시작하여 A/T(Audio Tone) 설비를 거쳐서 현재는 디지털 계통보호 전송 설비인 PITR(Protective Information Transmitter & Receiver)을 주로 사용하고 있다.

PITR은 광 통신장비 및 디지털 M/W 회선을 전송로로 이용하여 송전선 보호반의 계통보호용 각종 정보(Blocking, TRT, 각상 전류값, SH.R 상태)와 음성정보를 T-1급으로 다중화하여 전력계통 사고시 전력계통을 보호하는 전송장치이다.

보호계전기에서 발생한 보호신호(접점 혹은 데이터)는 계통보호전송설비로 와서 T-1신호로 다중화되어 광단국장치를 경유하여 OPGW를 통하여 상대국 변전소의 광단국장치 → 계통보호전송설비 → 보호계전기 로 전달되어진다.

현재 한편에서는 내부규정에 따라 계통보호 전송장치를 교체 시행하고 있다. 그러나 그동안 PITR의 성능은 계속 발전되어왔지만, 교체 기준은 과거의 것을 그대로 활용함으로써 현실에 맞지 않는다는 지적을 받고 있다. 본 논문에서는 PITR의 최적 교체주기를 찾기 위하여 다양한 시도를 하였다. 고장데이터로 고장 분포함수를 이용한 이론적인 수명주기 활용, 현장 전문가 의견, 제작사 전문가 경험 등을 종합하여 PITR의 최적 교체주기를 제안하였다.

2. 본 론

2.1 고장 데이터를 이용한 수명분포 함수 추정

PITR의 고장데이터 분석을 통한 수명 추정에는 미니탐을 이용하여 신뢰구간을 추정한다.

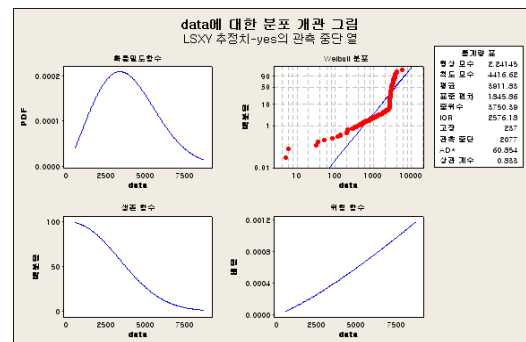
2.3.1 적합한 분포 찾기

고장이 보고되지 않은 2,077개의 설비에 대해서는 조사한 날까지 고장이 발생하지 않았다고 가정하고 운전날자를 계산하여 추정 확률 분포의 함수를 구하였다. 다양한 그림중 가장 적합한 고장 분포함수를 찾고, 이를 수치로 분석한 내용을 살펴본다. 주어진 데이터가 각 분포에 얼마나 적합한지를 검증하는 적합도 검증자료를 <표 1>에 나타내었다.

<표 1>를 분석해보면 상관 계수 값이 0.7 이상은 모두 적합하다고 할 수 있다. 대부분의 분포 함수가 적합한 것으로 나타났다.

<표 1> 여러 추정 분포들의 상관계수 값

분포	Anderson-Darling	상관 계수
Weibull 분포	60.854	0.833
로그 정규 분포	43.708	0.718
지수 분포	145.321	*
로그 로지스틱 분포	42.647	0.784
3-모수 Weibull 분포	12.152	0.953
3-모수 로그 정규 분포	18.165	0.918
2-모수 지수 분포	145.204	*
3-모수 로지스틱 분포	13.386	0.941
최소극단값 분포	11.550	0.954
정규 분포	17.698	0.920
로지스틱 분포	12.930	0.943



<그림 1> Weibull 분포일 때, 개관 그림

위의 고장 분포함수의 누적 고장과 생존 그림을 보면, 약 20,000일 근처부터 고장이 발생이 커지고 있다. 이와 관련된 데이터는 다음과 같다. 생존확률(Survival Function)

$$R(t) = - \exp \left[- \frac{t}{4416.6} \right]^{2.2415} \text{이며,}$$

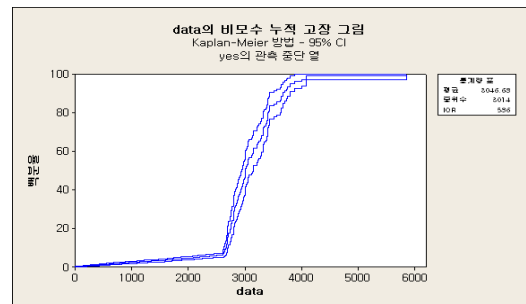
확률밀도함수는

$$f(t; \mu, \sigma) = \frac{2.2415}{4416.6} \left(- \frac{t}{4416.6} \right)^{2.2415} \exp \left[- \frac{t}{4416.6} \right]^{2.2415} \text{로}$$

구해졌다. 평균사용시간(MTTF)은 3,911일이다. 이 시간은 10년 8개월 21일정도이다. 이는 모든 제품이 한 번씩 고장 나는 시간이다. 위의 누적 생존율을 95%로 유추해보면 약 894일(2년 5개월 14일)이다. PITR 고장데이터는 상대적으로 많아서(237개) 위에서 구한 수명 함수 데이터의 신뢰성이 높다.

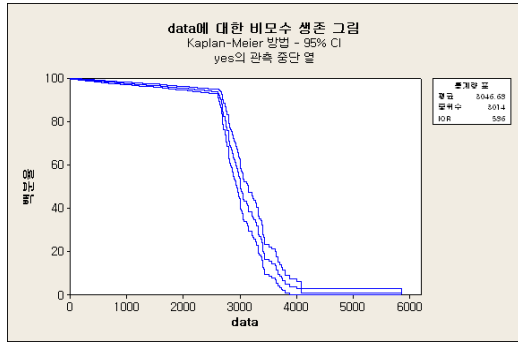
2.3.3 비모수로 추정

고장 데이터가 적어 어떤 확률분포도 따르지 않는다는 가정하에서 수명주기를 구해본다.



<그림 2> 비모수 추정할 때 누적고장 그림

비모수로 추정할 때 통계수치는 평균고장일은 3,047일(8년 4개월 7일)이며, 비모수 누적 고장그림이나 생존그림을 볼 때, 1,803일(2년 11개월 23일)부터 고장이 증가하는 것을 볼 수 있다.



〈그림 3〉 비모수 추정할 때 생존 그림

이상에서 구한 수명 기간을 정리하면 다음 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 고장데이터로 추정된 PITR의 수명

분류	전체	고장 데이터 수	분포함수	MTTF(일)	95% 추정일
PITR	2,314	237	Weibull	3,911	894
			비모수	3,047	1,803

2.4 기술진부화 문제

PITR의 타입별 업그레이드 주기는 보통 10년 주기로 바뀌고 있다. 새로운 기능 및 보안을 위한 upgrade 적용이 필요에 따라 이루어지고 있으나 신형 장비뿐만 아니라 구형장비까지 별도로 upgrade가 이루어져야 하는 어려움과 적용 불가능한 경우도 있다. 또한, 구버전 방식 타입과 신버전 방식 타입의 혼재로 인한 운영방식, 유지보수 방법 및 호환성 문제와 타입별 운영방식의 차이로 인한 비효율성이 문제가 되고 있다. 따라서 신버전 방식이 나오면 구버전 방식과의 호환에 한계가 있다.

컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어 운영체계의 변경으로 인한 계통보호전송설비의 운영프로그램 업그레이드가 불가피한 경우에는 서로 다른 운영체제로 인한 소프트웨어의 업그레이드가 필요하다.

PITR-2000S로의 진화이력은 다음과 같다.

- 1단계 : (91년 ~ 97년) 표준화 되지 않는 구형설비.
- 2단계 : (98년 ~ 02년) PITR-1000 시리즈로 표준화.
- 3단계 : (03년 ~ 현재) PITR-2000으로 표준화.

위 3단계에 걸쳐 기술이 업그레이드되어 각 단계별 호환성이 결여되며, 운용환경(연관 장비와의 Interface, 사용자 Interface 등)의 변화로 효율성이 저하된다.

2.5 예비품 재고 정책

재고 및 예비품의 경우 최근의 추세는 부품단위가 아니라 모듈별로 대체품을 보유하고 있는 것이 추세이나, 최근 출고된 제품은 적정 수량의 예비품을 보유하고 있으나 이미 단종 처리된 기종(TPR-2020, DHBR-02, TUPS-4200, TPC-6400, SDC-7000 등)은 현실적으로 예비품을 보유하는 것이 불가능하다. 특히 반도체의 경우 부품이 소형화 되면서 구형제품에 사용된 부품들은 조달이 불가능한 상황이기에 때문에 단종 처리된 기종의 유지보수가 불가능하다. 따라서 신뢰성을 보장할 수 없는 구형기종의 교체는 불가피하다(제작업체 설정).

2.6 전문가 및 현장 의견

중요 부품의 data sheet에 의하면 25도에서 aging 시험시 ±5ppm의 변화가 생기며 이 부품들은 총 30ppm의 변화가 있을 때 사용할 수 없으므로 대략적인 부품수명이 6년 정도이며, Capacitor 경우는 30도에서 90000시간 사용가능하므로 부품수명이 10년이다. EPF10K10A의 주요 IC칩의 Device hours가 대략 20000~90000시간정도로 2년 2개월 ~ 10년 2개월 정도가 부품수명이다. 조달청의 산정기준에 따른 자체 장비 수명 기준표에 따르면 모든 통신, 전송장비는 10년으로 되어있다. 전송설비의 하드웨어 주기는 대략 10년 정도이고 소프트웨어 주기는 프로그램 운영체제 변화로 인한 주기가 대략 5년 정도이다. 또한 다양한 장소에서의 원활한 운영과 일부 기능향상을 위해 매년 Upgrade가 이루어지고 있으나 10년 이상 된 구장비까지 전부 upgrade, 적용하기가 어려우며 효율적이지 못하다. 따라서 모델방식 변화에 맞추는 것이 운영의 효율성을 극대화할 수 있다.

2.7 구성 부품 분석

중요 부품별 수명을 제작사에서 보내온 가속시험 결과로 얻는 결과는 다음 <표 3>과 같다.

〈표 3〉 PITR 주요 부품의 수명

부 품	제작사 가속 수명 시험치	기 준 근거
IC Chip	10년	조달청10년
Mecurry Relay	10년	오리엔트전자 가속시험
LD, PD	10년	퓨전텍 가속시험
IC Chip	9년 - 10년	에드컴

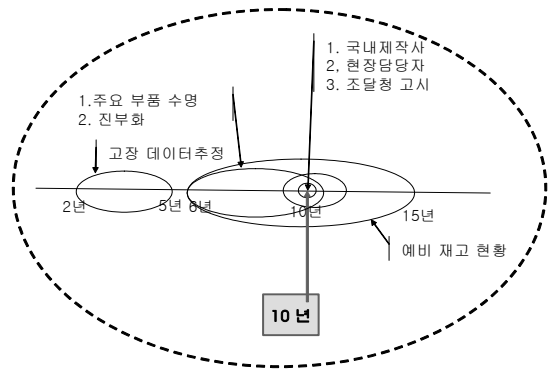
2.8 PITR의 수명 결정

위에서 살펴본 PITR의 수명에 관련된 내용을 살펴보고 수명을 결정한다. 전체적으로 보면 아래 표와 같이 다양한 의견들을 종합하여 결정할 수 있다.

〈표 4〉 PITR 수명주기 결정 기준

내용	수명주기
고장 데이터로 추정	2년 - 5년
주요 부품 추정	6년 - 10년
진부화	6년 - 10년
예비 재고 현황	6년 - 15년
국제 제작사	10년
현장 담당자	10년
조달청 고시	10년
종합	10년

종합적으로 검토하면 수명은 10년이 적당하다. 이를 그림으로 표시하면 다음과 같다.



〈그림 4〉 PITR의 수명 그림

3. 결 론

본 논문은 PITR의 교체기준 설정에 관한 연구이다. PITR에 대한 기존의 교체 주기가 현 설비에 맞지 않는다는 현장의 지적에 맞추어 새로운 기준을 설정하기 위해 교체기준에 맞는 수명을 연구하게 되었다.

기존 설비의 수명을 결정하는 방법은 고장데이터를 이용한 고장 함수 추정을 이용한 이론적인 수명을 찾는 방법이 좋지만, 현장에는 고장 데이터가 충분하지 않아 통계를 이용한 이론적인 수명을 찾는 데는 어려움이 있다.

본 논문에선 현장의 고장 데이터를 이용한 이론적인 수명 외에 현장 전문가 의견, 제작사 전문가 경험 등을 종합하고, 부품별 수명, 예비품의 보관 상태 등을 모두 종합하여 계통보호전송장치의 수명을 산정하였다.

현재 현장에서 사용 확대되고 있는 계통보호전송장치의 수명은 10년으로 추정되었다.

[참 고 문 헌]

- (1) MIL-HDBK-217F, Reliability Prediction of Electronic Equipment, 1995.
- (2) T.Matsuda, K.Kanehara, H.Kameda, Y.Sano, Y.Tsujikura, "EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF DATABASES TO IMPROVEMENT OF PROTECTION SYSTEMS", CIGRE SC 34, South Africa Colloquium, No.34 303, 1997
- (3) 가메다, 구마노, 마츠오카: 「보호계전설비 신뢰도 분석시스템의 개발」, 전력중앙연구소 의뢰보고 T98509(의뢰처: 전기사업연합회), 1999.4
- (4) 박경수, 신뢰도 및 보전공학, 영지문화사, 1999