

Reliability Assessment of Railway Power System by using Tree Architecture

차준민* · 구본희†
(Jun-Min Cha · Bon-Hui Ku)

Abstract - As catenary supply electric power directly to the railway system, it is very important to prevent an accident of a catenary for appropriate train operation. This paper proposed the assessment the outage data for "British Catenary Safety Analysis Report" and Korean data to compare the reliability of the railway system. The analyzed data were applied to Event Tree and Fault Tree algorithm to calculate the reliability indices of railway system. Event tree is created and gate results of fault tree analysis are used as the source of event tree probabilities. Fault tree represents the interaction of failures and basic events within a system.

Event Tree and Fault Tree analysis result is helpful to assess the reliability to interpreted. The reliability indices can be used to determine the equipment to be replaced for the entire system reliability improvement.

Key Words : Railway Power System, Fault Tree, Event Tree, Reliability

1. 서론

철도급전시스템은 계통에서 공급받은 전력을 열차의 운영을 위한 전력공급을 주된 목적으로 차량운행에 알맞은 전력으로 변성하여 전차선로를 통하여 차량으로 급전한다. 전차선로는 차량의 운행과 직접 관련이 있는 중요한 설비로서 전차선의 사고를 예방하고 안전성을 유지하는 것은 중요하다[1-3]. 전차선 분야 철도시설의 안전성 분석을 위하여 전기철도 전차선의 신뢰도를 산정하고자 KORAIL 철도연구개발센터의 "전기시설물 점검주기 및 개량주기에 관한 연구(2006)[4]" 보고서를 이용하여 전차선의 장애사례를 분석하였다. 그리고 영국의 전차선 안전성 분석 보고서[5]와 철도기술연구원의 교류변전소의 구성도를 이용하여 Fault Tree(FT, 고장목)를 작성하고, 이를 통하여 전철급전시스템의 신뢰도를 산정하였다. 시스템의 고장을 해석하는 방법으로 Event Tree(ET, 사건목)와 FT를 이용하여 시스템의 고장확률을 구하고 시스템의 신뢰성을 개선할 수 있도록 하였다.

2. 전철 급전 시스템

2.1 전차선로의 구성

철도전력시스템은 전기적 기계적으로 결합된 매우 복잡한 구조를 가진 대형시스템이다. 전기철도의 급전회로는 차량

을 운전하기 위한 전력을 변전소에서 전차선로를 통해 차량으로 급전하고, 귀선을 통하여 변전소로 귀환하는 회로를 말한다. 변전소로부터 전력을 급전하고 사고나 유지보수를 위한 선로를 구분하여 구성한 계통을 급전계통이라고 하며, 변전소로부터 차량에 송전하는 방식을 철도전력시스템의 급전 방식이라고 한다.

전기철도에서 전차선은 차량에 직접 전력을 공급하는 설비이다. 일반적으로 전기차량의 팬터그래프와 직접 접촉하여 전력을 공급하기 위한 가선설비와 이에 부속하는 설비를 말하며, 철도차량에 전기를 공급하는 전차선, 전차선을 조가하는 조가선, 변전소로부터 전력을 공급하는 급전선 등으로 구성되어 있다.

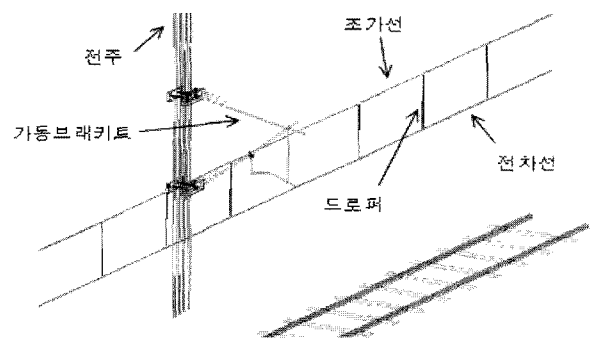


그림 1 가공전차선로의 구성
Fig. 1 Electric car line system

전차선로는 전기차량에 전력을 원활히 공급하도록 하는 것을 목적으로 일반적인 송·배전 선로와 달리 전기방식이

* 시니어회원 : 대전대 공대 전기공학과 교수
† 교신저자, 준회원 : 대전대 대학원 전기공학과 석사과정
E-mail : kbony@daejin.ac.kr
접수일자 : 2009년 12월 12일
최종완료 : 2009년 12월 21일

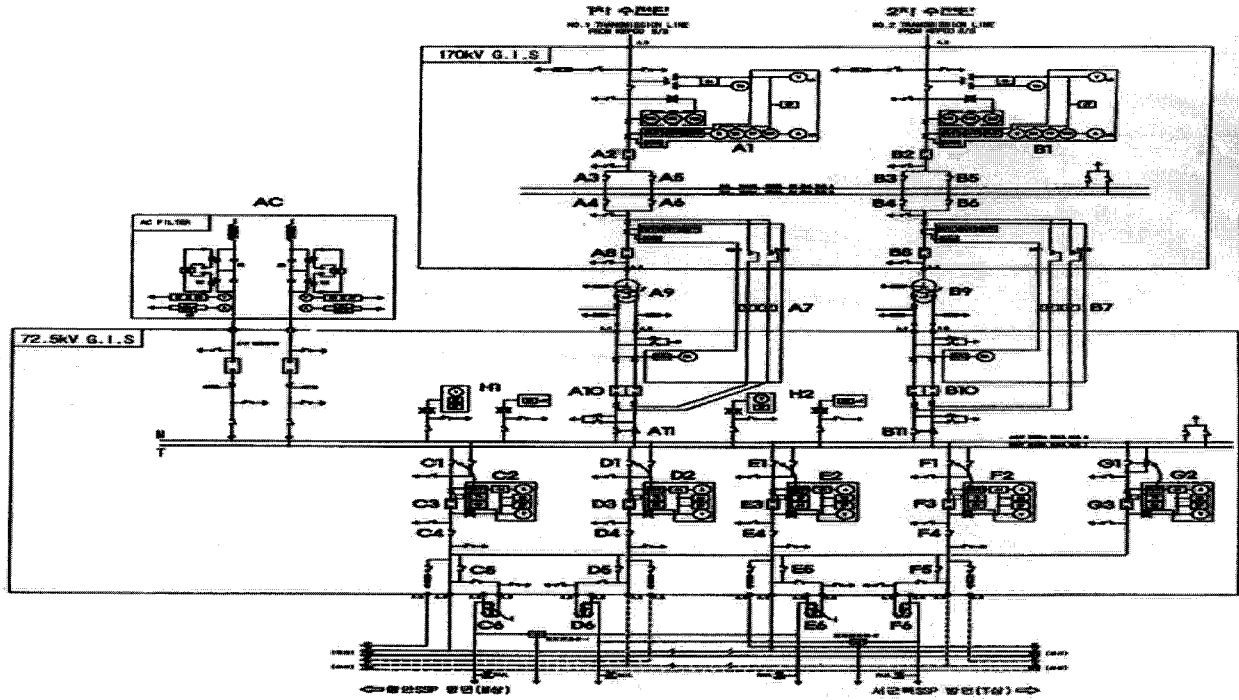


그림 2 교류전철변전소 기본설계안 위치별 정보
Fig. 2 Equipment information of AC S/S

나 급전, 가선 방식이 다르기 때문에 신뢰도를 고려하여야 한다. 전차선로는 차량의 운행과 직접 관련이 있는 중요한 설비로서 전차선의 사고를 예방하고 안전성을 유지하는 것이 중요하다[1-3].

2.2 교류전철변전소

일반변전소는 발전소에서 발전된 전기를 수용가의 부하공급을 위하여 변전설비를 통하여 필요한 전력으로 변환한다. 전철변전소는 일반 변전소와 같이 전압을 변경하는 설비이지만 일반 변전소와 달리 열차의 부하공급을 주된 목적으로 계통에서 송전된 전력을 차량운행에 알맞은 전력으로 변형하고 있다.

교류전철변전소의 설비는 수전설비, 변압기설비, 콘덴서설비, 급전설비로 구성되어 있다.

수전 설비는 송전선로에서 3상 154[kV] 특별 고압의 전압을 수전하기 위한 설비로 차단기, 단로기, 계기용변성기, MOF, 수전 모선, 피뢰기, 보호계전기 등으로 구성된다. 변압기설비는 전차선로에 알맞은 전압을 공급하며 스코트 결선 변압기 단상부하에 따른 3상 전원에 대한 불평형을 경감하는 역할을 하며 콘덴서 설비는 인덕턴스에 의한 전압강하를 보상하는 역할을 하며 무효전력을 경감하기 위한 병렬콘덴서를 사용한다. 급전 설비는 주변압기 2차측의 급전용 모선으로부터 급전 인출 설비까지를 말하며, 그 외 고압배전 설비와 소내 전원 설비로 구성된다[1-3,6].

3. Event Tree와 Fault Tree를 이용한 신뢰도 산정

신뢰도에 대한 정의는 하나의 시스템이 명시된 시간 주기

에 대하여 명시된 조건 하에서 고장 없이 원하는 기능을 수행할 확률이라고 되어 있다. 신뢰도는 의도한 기능을 수행하는데 대한 시스템의 능력에 초점을 둔 매우 포괄적인 말이다. 일반적으로, 신뢰도 분석 수행의 공정은 실제로 그 시스템이 얼마나 신뢰할 만한가를 예견하기 위한 여러 다른 분석을 포함할 수 있다. 수행될 수 있는 다른 분석들은 모두 연관되어 있으며 시스템의 신뢰도에 대한 다른 측면을 분석하고, 각각의 분석을 통하여 시스템의 개선에 도움을 준다. 시스템의 신뢰도는 전체 시간 중 얼마나 시스템의 고장이 일어나지 않고 동작하는가를 나타낸다. 시스템의 고장은 연속적인 시간함수로 표시되며, 시스템은 t=0에서 신뢰도가 1이지만 시간이 경과하면 TBF(time between failures)가 t 이상으로 될 확률은 최종적으로 0이다. 시간함수로 나타나는 신뢰도를 신뢰도 함수 R(t)라 한다[7-9].

$$R(t) = \frac{N_s(t)}{N_0} = \frac{(N_0 - N_f(t))}{N_0} = 1 - \frac{N_f(t)}{N_0} \tag{1}$$

시간당 어느 정도 비율에서 고장인지를 알려면 이것을 시간으로 미분한 고장확률밀도 f(t)를 구한다.

$$f(t) = \frac{dN_f(t)}{dN_0} = - \frac{dR(t)}{dt} \tag{2}$$

여기에서 고장률 λ(t)는 다음과 같이 나타낸다.

$$\lambda(t) = \frac{dN_f(t)}{N_s(t)dt} = \frac{F(t)}{R(t)} = - \frac{dR(t)}{R(t)dt} \tag{3}$$

3.1 Event Tree

ET의 목표는 각 사건의 시간흐름에 따라 진행되어가는 사건의 발생확률을 결정하는 것이다. 사건의 수가 증가함에 따라 가지의 수는 증가하게 되고, 모든 구성요소가 연속적으로 동작하는 시스템의 해석에 적용가능하다. 가능한 모든 출력을 해석함으로써 원하는 결과에 이르는 출력의 백분율을 결정할 수 있다. ET가 조직되면, 각 사건이 반복되는 수, 확률 또는 사건의 결말이 결정된다.

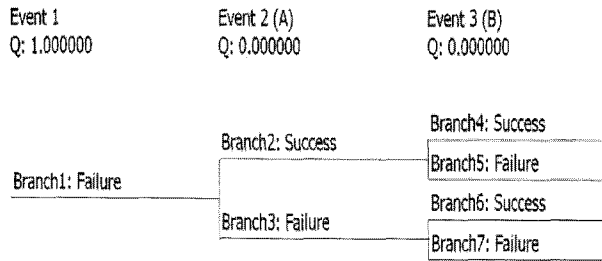


그림 3 Event Tree의 구조
Fig. 3 Event Tree structure

ET의 계산은 시스템 생존의 반복 수 및 가능성(결말 1), 부분적인 손상(결말 2) 및 시스템의 파손(결말 3)의 결정으로 끝이 난다. 각 경로의 발생 확률은 주어진 발생 출력에 대하여 반드시 발생해야 하므로 주어진 사건 확률의 곱으로 표현된다. 각 출력에 대한 전체 확률은 그 출력에 이르는 모든 확률의 합이 된다. 예를 들어, ET의 경로 n의 발생 확률 P(Pn)은 다음과 같다[7-8,10].

$$P(P_n) = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n \quad (4)$$

$$P(P_{n-1}) = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_{n-1} \times Q_n \quad (5)$$

단, R은 그 사건의 신뢰성
Q는 그 사건의 미신뢰성

3.2 Fault Tree

FT는 Top Event로부터 시작하여 사건을 일으키는 원인이 되는 Basic Event로 진행된다. FT의 작성은 시스템 고장의 최상위사건 즉, 주요 시스템 고장(Top event)을 규정하고, 사건을 일으키는 하위 고장의 원인을 찾아 각 요소별 연결의 인과관계에 따른 논리게이트로 결합하여 더 이상 분해가 불가능한 기본사상(Basic event)이 될 때 까지 반복한다. 그리고 시스템의 고장을 발생시키는 결합과 오류 등의 사상(event)을 사건 원인에 따라 논리게이트를 사용하여 FT를 작성하게 된다[7-8,11].

FT의 구조가 위의 그림과 같을 경우 Basic Event로부터 Top Event의 값을 계산하는 방법은 각 사건이 논리게이트를 이용하여 구성되어 있으므로 부울 대수식으로 간단히 정리한 후 확률을 계산할 수 있다. Gate 1사건의 발생확률

(AND Gate)은 Gate 2와 Gate 3의 곱과 같다. Gate 2, 3은 OR Gate를 사용하고 있기 때문에 Gate 2의 발생확률은 Event 1과 Event 2의 합과 같다.

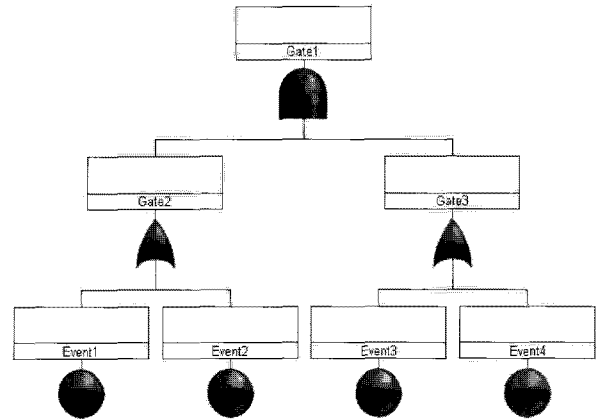


그림 4 Fault Tree의 구조
Fig. 4 Fault Tree structure

$$Gate1 = Gate2 \cdot Gate3 = (E1 + E2) \cdot (E3 + E4) \quad (6)$$

n개의 기본사상이 AND결합으로 Top event의 고장을 일으킨다고 할 때, 사상이 발생할 확률 F는 다음과 같다.

$$F = F_1 \cdot F_2 \cdot \dots \cdot F_n = \prod_{i=1}^n F_i \quad (7)$$

OR결합으로 고장 발생 확률 F는 다음과 같다.

$$F = 1 - [1 - F_1][1 - F_2] \dots [1 - F_n] \quad (8)$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_i)$$

3.3 Event Tree와 Fault Tree의 분석방법

확률론적으로 나타낼 수 있는 방법에서 사건에 대한 시나리오는 ET를 통하여 구성하고, ET의 진행과정에서 나타나는 사건들은 가지로 구성하여 기능실패나 시스템의 이상으로 FT를 구성한다. ET의 진행과정은 시간의 흐름에 따라 이루어지기 때문에 사건의 진행에 대한 확률을 산정할 수 있다. FT의 적용은 사건의 인과관계에 따른 구성으로 이루어지기 때문에 시스템을 구성하는 여러 가지들 사이에서 사건의 원인에 따른 고장확률을 계산할 때에는 논리게이트를 통하여 결합된 가지의 FT를 부울연산을 통하여 계산한다. 기능이나 시스템의 실패를 나타내는 FT를 구성할 경우의 고장률은 상당히 작은 확률의 결과를 갖을 수 있다. ET를 구성하여 시간의 흐름에 따른 사건의 진행에 대한 FT를 구성하여 각 사건에 따른 원인을 분석하여 시간의 흐름, 사건의 인과관계에 따른 진행을 분석할 수 있다.

표 1 Event 와 Gate 입력데이터

Table 1 Failure rate of Event and Gate

	구분	내용	고장률
1	OR Gate	Failure of overhead line section	
2	OR Gate	Loss of supply to overhead line section	
3	OR Gate	Loss of one feeding system element	
4	Basic Event	busbar failure	2.79418×10^{-7}
5	Basic Event	CB failure	0.001022
6	Basic Event	feeder failure	0.015500
7	OR Gate	phase	
8	AND Gate	Down line	
9	OR Gate	feeder_DL	
10	Basic Event	C1,4, D1,4, G1 (단로기)	0.000229
11	Basic Event	C2, D2, G2 (계전기, 변류기, 계기용변압기)	0.033778
12	Basic Event	C3, D3, G3 (가스차단기, 피뢰기)	0.012801
13	OR Gate	sub feeder_DL	
14	AND Gate	Up line	
15	OR Gate	feeder_UL	
16	OR Gate	sub feeder_UL	
17	OR Gate	Fault on overhead line section	
18	OR Gate	overhead line fault	
19	Basic Event	Failure of contact wire	1.25800×10^{-9}
20	Basic Event	Short circuit failure of insulation	0.032500
21	Basic Event	Earth on contact wire	0.025800
22	OR Gate	Traction return fault	
23	Basic Event	Bonding failure	0.002249
24	Basic Event	Traction return conductor fault	8.30700×10^{-5}
25	Basic Event	CB squirious trip	0.096600
26	Basic Event	Neutral section loss of insulation	0.028700
27	OR Gate	Overhead line out of alignment	
28	Basic Event	Failure of catenary	3.80400×10^{-4}
29	Basic Event	failure of dropper-contact wire loses alignment	8.66100×10^{-4}
30	Basic Event	Overhead line obstructed	0.005829
31	Basic Event	Failure of balance weights - contact wire loses alignment	1.42450×10^{-8}
32	Basic Event	Overhead line - incorrect installation	2.04750×10^{-7}
33	Basic Event	Contact wire misaligned	2.39200×10^{-4}

4. 사례연구

4.1 모델계통

본 연구에 사용된 전차선 FT모델은 선행연구 “장애사례 분석을 통한 전기철도의 신뢰도 산정[13]”에서 사용된 FT의 일부를 모델로 하여 구성하였다. FT모델에서 전차선의 고장을 Top event로 하여 전차선에 전력이 공급되지 않는 경우와 전차선의 조정 실패의 경우로 나누었다. 전차선에 전력이 공급되지 않는 사고의 하부에 가공선, 급전선 등의 선로 고장이나 변압기가 작동되지 않는 등의 전력공급에 영향을 미치는 경우를 요소별 고장으로서의 Basic event로 설정하고, 전차선의 조정실패의 경우는 가공선이 제대로 설치되지 못한 경우 등이 Basic event로 나타나 있다.

각 사상의 고장률은 시스템의 사고율을 데이터로 하여 전체 전차선로 설비의 고장률을 산정하였고, 각 사상은 인과관계에 따라 결합되어 있기 때문에 그림 5-10과 같은 FT모델을 통하여 시스템의 구성과 고장 발생의 인과관계를 알 수

있다. ET의 초기사건은 변전 설비의 고장으로 인하여 feeder에 전력공급이 되지 않는 사건이 급전부 설비의 실패로 이어져 최종적으로 전철 급전시스템의 전력공급 실패로 이어지는 사건을 가정하였다. ET의 구성도는 그림 11과 같이 구성하였으며, FT의 구성은 본 연구에서는 선행연구에서 구해진 고장률 데이터[13-16]와 영국의 전차선분석 보고서의 고장률[5]을 사용하여 모델계통에 적용하였다.

4.2 입력데이터

본 연구에 사용된 입력데이터(표 3)는 KORAIL 철도연구개발센터의 “전기시설물 점검주기 및 개량주기에 관한 연구(2006)[4]” 보고서의 각 설비별 수량, 사용시간, 장애건수, 장애시간 등의 고장사례 분석 데이터와 영국의 전차선 안전성 분석 보고서의 데이터를 사용하였다. 전철변전소의 고장 데이터는 철도기술연구원에서 제공받은 교류전철변전소의 기본설계안 위치별 정보를 바탕으로 변전소 설비의 종류와 고장률을 사용하였다. 각 설비별 고장 데이터를 통하여 전차

선의 고장률 $\lambda(t)$ 를 각각 산정하고 FT에 적용하여 전철급전 시스템 전체의 고장률을 산정하였다. 단, 부족한 데이터에 해당하는 고장률은 영국모델의 값을 사용하였다.

4.3 신뢰도 평가를 위한 Event Tree와 Fault Tree의 적용

본 연구에서는 Relx Reliability Studio 2008의 FT, ET 모듈을 사용하였다. 그림 5~10은 구성된 FT를 나타낸다. Top-Event(그림 5)는 가공선로에 전력공급이 되지 않는 경우와 가공선을 구성하는 설비의 조정이 실패하는 사건을 OR Gate를 사용하여 구성하였다. 각 사건을 이루는 원인을 Basic Event(원형기호)로, 사건의 구성은 논리게이트를 사용하여 구성한다. 그림 6은 가공선 구간의 설비조정실패의 경우를 나타낸 FT이다. 이벤트의 내용은 표 1의 28~33과 같다. 그림 7은 전차선구간의 전력공급이 실패한 경우에 대한 FT이고, 그림 8은 가공선 구간의 이상이 생겼을 때의 FT이며, 표 1의 19~26의 이벤트를 갖는다. 그림 9는 급전시스템부의 이상시를 나타내며, 이벤트의 내용은 표 1의 4~7에 해당한다.

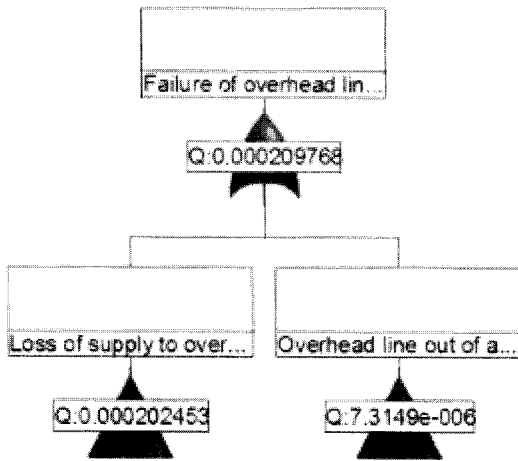


그림 5 가공선로의 급전 실패
Fig. 5 Failure of overhead line section

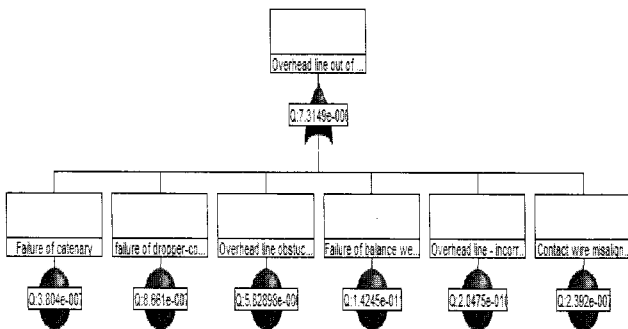


그림 6 가공선 구간의 조정실패
Fig. 6 Overhead line out of alignment

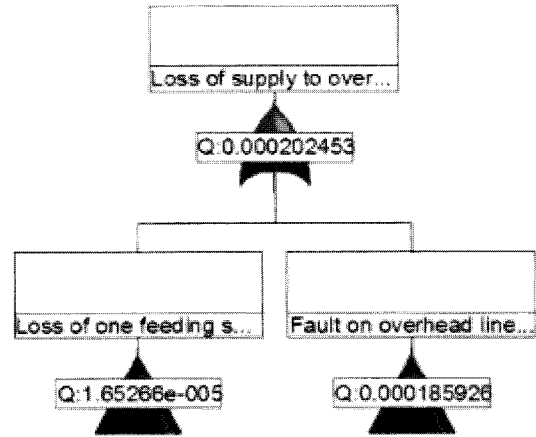


그림 7 전차선 구간의 전력공급 실패
Fig. 7 Loss of supply to overhead line section

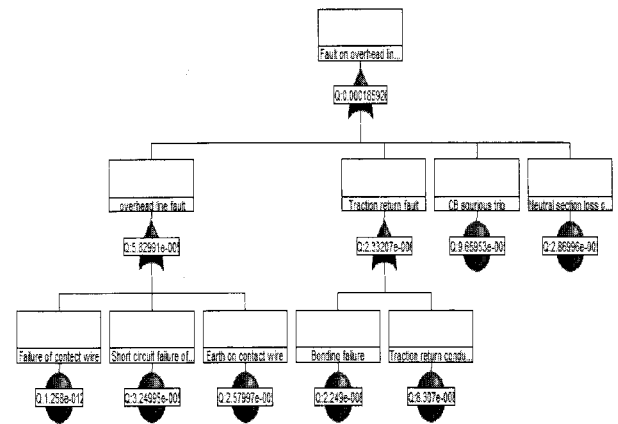


그림 8 가공선 구간의 이상
Fig. 8 Fault on overhead line section

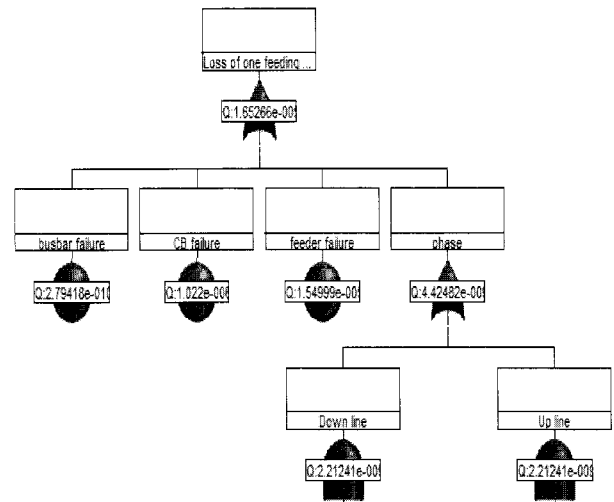


그림 9 급전시스템의 이상
Fig. 9 Loss of one feeding system element

그림 10은 Down Line급전부의 동작 이상 시 FT를 나타내며, 그림 9 하부의 Up Line, Down Line 이벤트는 동일한 설비로 구성되어있다. 이벤트의 내용은 표 1의 11~13과 같다.

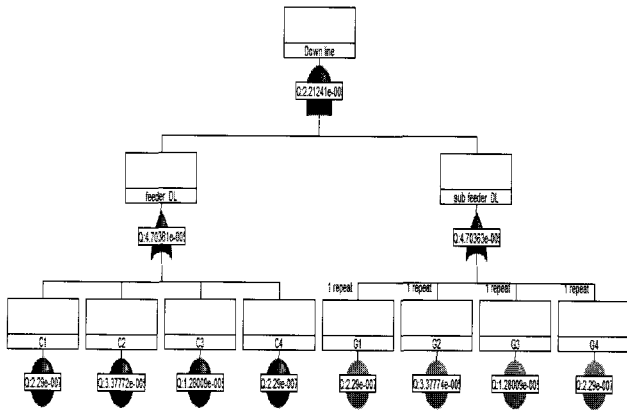


그림 10 Down Line 급전부
Fig. 10 Down line of feeding system element

FTA를 적용한 전철급전시스템의 계산결과 전차선로에 급전이 제대로 이루어지지 않을 경우는 0.000209768로 나타났다.

ET는 사건이 발생했을 때 사건의 진행에 따라 위, 아래의 가지로 나누어져 진행된다. 초기의 사건의 값은 확률이나 빈도로 주어지게 되며 각 가지에 주어진 확률의 값은 1이 되도록 구성한다. 사고의 경위로 Top Event가 정의되며 구성된 Event는 가장 최종적인 상태가 되도록 정의한다. 위쪽 가지에는 각 사건이 이상 없이 동작할 경우, 아래쪽 가지에는 고장이나 사고가 생겼을 경우에 해당하며, 고장사건이 발생하였을 때 사고 경위의 확률은 ET의 각 가지에 FT에서 계산된 고장률을 반영하고, 각 가지의 값의 곱으로 계산한다. 그림 11은 ET의 진행을 나타내며 가지의 진행은 변전설비의 고장으로 인하여 feeder에 전력공급이 되지 않는 사건이 급전부 설비의 실패로 이어져 최종적으로 전철 급전시스템의 전력공급 실패로 이어지는 사건을 가정하였다. 그림 11의 가지 8은 시스템이 고장 없이 정상동작 될 경우를, 가지 15는 시스템 전체가 실패로 진행되는 경우를 나타낸다.

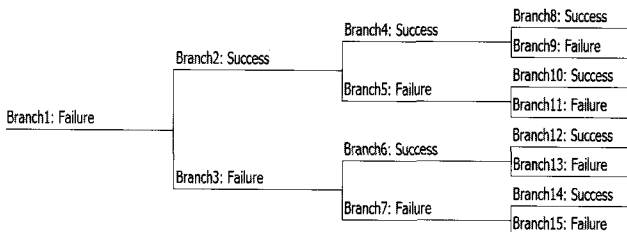


그림 11 Event Tree의 구성
Fig. 11 Components of Event Tree

표 2 각 가지의 계산값

Table 2 Calculation results of each Branch

가지 No.	동작확률
8	0.999726683
9	2.0975×10^{-4}
10	1.6522×10^{-5}
11	3.4666×10^{-10}
12	4.7025×10^{-5}
13	9.8665×10^{-9}
14	7.7718×10^{-11}
15	1.6306×10^{-13}

그림 11의 전차선로의 정상운전 확률은 초기사건인 부품의 고장에 해당하는 값에 따라 다르게 나타나며, 예를 들어 feeder에 전력공급이 고장 없이 이루어지고 (Branch 2) 급전부의 공급실패의 경우가 나타나지 않으면(Branch 4) 두 경우의 곱으로 Branch 8에 해당하는 약 0.9997267의 값이 얻어진다. 이 값은 전철급전시스템의 전차선로에 전력이 공급이 사고 없이 공급될 확률을 나타낸다.

5. 결 론

본 연구에서는 전철급전시스템의 신뢰도를 산정하기 위하여 전기철도 전차선로의 신뢰도를 FT와 ET를 통하여 분석하였다. 전기철도 전차선로 시스템의 사고와 고장 요인은 다양하게 나타나지만 시스템의 구성과 고장의 원인을 기본이 되는 사건부터 구성 할 경우 사고나 고장에 관한 관리가 용이하다. FT와 ET를 사용하여 전기철도 급전시스템의 신뢰도를 산정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. FTA를 이용하여 교류전철변전소의 요소별 고장률 데이터를 이용하여 시스템의 신뢰도를 산정하였다. 이를 통하여 각 구성요소별 고장률이 전체 시스템의 신뢰도 평가에 어떠한 영향을 미치는지 추정할 수 있다.
2. 전철급전시스템의 전차선로를 Event Tree를 이용하여 시간의 흐름에 따른 사건의 진행을 구성하고, 각 사건을 이루는 인과관계에 따라 Fault Tree를 구성하여 시스템의 설계가 용이하며 계산시간을 줄일 수 있다.
3. Fault Tree와 Event Tree를 통해 구성된 사고, 고장의 관리가 가능하며, 시간에 흐름이나, 사고에 진행에 대한 결과를 산정하게 되므로 최종 결과에 대한 해석과 추적이 용이하다.
4. 사용된 데이터의 신뢰도를 높이고 발생하는 사건을 자세하고 명확히 규정할 수 있다면 보다 정확한 해석이 가능하다.

감사의 글

본 논문은 2009학년도 대진대학교 학술연구비 지원에 의한 것임

참 고 문 헌

- [1] 강인권, "최신 전차선로", 성안당, 2006
- [2] 김양수, 유해출, "전기철도공학", 통일출판사, 1999
- [3] 강인권, "전기철도 시스템 공학"
- [4] KORAIL철도연구개발센터, "전기시설물 점검주기 및 개량주기에 관한 연구" pp. 5-25, pp. 291-305, 2006
- [5] RAILTRACK EE&CS Report, "Infrastructure Risk Modelling Overhead Line Traction Delivery System", Oct 1997
- [6] 철도기술연구원, "산업전 전기설비 노후도에 따른 최적의 개량방안 연구", 1997.12
- [7] 김원경, "시스템 신뢰도공학", 교우사, 1999
- [8] 김원경, "신뢰도공학의 이론과 실제", 교우사, 2005
- [9] 기초전력연구원, "전력IT 인력양성사업 7차 교육 교재", 2008
- [10] 이호중, 한상훈, 안광일, 왕종배, "철도 위험도 통합 평가 방법 및 도구 개발", 한국철도학회 추계학술대회는 문집, pp.7-14, 2006
- [11] U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Fault Tree Handbook", Jan 1981
- [12] 한국철도기술연구원, "전차선 안전기준 확립 및 안전성 분석 연구" 최종 보고서, 2008. 7
- [13] 구본희, 차준민, 김형철, "장애사태 분석을 통한 전기철도의 신뢰도 산정", 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회는문집 pp.156-167, 2008
- [14] 구본희, 차준민, 김형철, "FTA를 이용한 교류전철변전소의 신뢰도 분석", 한국철도학회 추계 학술대회 논문집 pp.64, 2008
- [15] 구본희, 차준민, 김형철, "Fault Tree와 Event Tree를 이용한 전기철도 전차선의 신뢰도 분석", 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회는문집 pp.52-54, 2009
- [16] 구본희, 차준민, 김형철, "FTA를 이용한 전기철도 전차선의 신뢰도 분석", 대한전기학회 논문지 pp.1905-1909 vol.57 2008.11

저 자 소 개



차 준 민 (車 濬 敏)

1964년 5월 9일생. 1989년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1996년~현재 대전대 전기공학과 교수.

Tel : 031-539-1915

Fax : 031-539-1910

E-mail : chamin@daejin.ac.kr



구 본 희 (具 本 熙)

1984년 5월 4일생. 2008년 대전대 공대 전기정보시스템공학과 졸업. 2008년~현재 동대학원 전기공학과 석사과정.

Tel : 031-539-1910

Fax : 031-539-1910

E-mail : kbony@daejin.ac.kr