

전자식 과전류차단기를 이용한 전원자동차단 감전보호 개선연구

조강연¹, 어익수^{2*}

¹한국전기안전공사, ²호남대학교 전기공학과

A Study on Improvement of Power Cut-off Electric Shock Protection Using Electronic Over-current Circuit Breaker

Kang-Yeon Cho¹, Ik-Soo Eo^{2*}

¹Korea Electrical Safety Corporation

²Dept. of Electrical Engineering, Honam University

요약 현재 전기설비기술기준의 판단기준 내용이 한국전기설비규정(KEC : Korea Electro-technical Code, 이하 KEC)으로 제정되어 현장에 적용되고 있다. 판단기준의 저압전기설비 감전보호는 누전차단기의 설치 및 접지저항 값 위주였으나, KEC에서는 인체 허용접촉전압이 50 V 이하가 되도록 규정하고 있다. 만약 인체 허용접촉전압이 50 V를 초과할 경우에는 보호장치를 사용해 통전시간을 제한하여 감전보호를 해야 한다. 본 논문에서는 실제 현장의 과전류차단기를 이용한 전원자동차단에 의한 감전보호 가능여부를 용량별 10, 100, 300 kW로 구분하여 시뮬레이션 하였고, 그 결과 현장에 설치된 과전류차단기로는 KEC에 규정된 최대차단시간 5초 이내를 만족시키지 못하였다. 이에 대한 개선방안으로 동작특성이 조정 가능한 전자식 과전류차단기로 검토한 결과, 단 한시 전류(Isd)와 단 한시 트립 시간(Tsd) 정정을 10 kW(정격전류의 7배, 50 ms), 100 kW(정격전류의 5배, 50 ms), 300 kW(정격전류의 2배, 50 ms)로 할 경우 고장 전류에 대하여 KEC에 규정된 최대차단시간 5초 이내에 과전류차단기가 동작하여 전원자동차단에 의한 감전보호가 가능한 것을 확인하였다.

Abstract The judgment criteria of the Korea Electro-technical Regulation have been incorporated into the Korea Electro-technical Code(KEC) and are currently being applied. Electric Shock Protection for low-voltage judgment criteria center on the installation of an earth leakage breaker and ground resistance value, but the KEC stipulates that the acceptable human body contact voltage limit should be 50 V, and that if body contact voltage exceeds 50 V, a Protective Device should be installed to limit the energization time. In this paper, the possibility of Electric Shock Protection by Power Cut-off using an Over-current Circuit Breaker in the field was simulated using capacities of 10, 100, or 300 kW. We found that the Over-current Circuit Breaker installed in the field did not satisfy the maximum trip time of ≤ 5 seconds stipulated in the KEC. Furthermore, a review of an electronic Over-current Circuit Breaker with adjustable operating characteristics revealed that setting short-time current(Isd) and short-time trip time(Tsd) settings to 10 kW(7 times the rated current, 50 ms), 100 kW(5 times the rated current, 50 ms), 300 kW(twice the rated current, 50 ms) resulted in Over-current Circuit Breaker operation within 5 seconds of the maximum cut-off time stipulated in the KEC for a fault current and confirmed the feasibility of Electric Shock Protection by Power Cut-off.

Keywords : KEC, Electric Shock Protection, Protective Device, Power Cut-off, Over-current Circuit Breaker

*Corresponding Author : Ik-Soo Eo(Honam Univ.)

email: iseo@honam.ac.kr

Received September 19, 2022

Accepted November 4, 2022

Revised October 17, 2022

Published November 30, 2022

1. 서론

전기설비기술기준의 판단기준이 2020.12.31.기한으로 소멸되고 전기설비의 안전하고 객관적인 설계·시공·유지관리 등을 목적으로 우리나라의 전기적 환경과 기술수준을 고려하여 국제표준화가 요구됨에 따라 감전보호 관련 국제표준인 IEC 60364-4-41(감전에 대한 보호)가 KEC에 도입 되어 현재 적용되고 있다. 판단기준의 저압 전기설비 감전보호는 누전차단기 및 접지저항 값 위주였으나, KEC에서는 기본보호, 전원자동차단에 의한 보호, 그리고 단독으로 성립하는 보호로 구분하고 있다. 또한, KEC에서는 인체 허용접촉전압을 50 V 이하가 되도록 규정하고 있는데 50 V를 초과하는 경우에는 누전차단기 및 과전류차단기를 통해 통전시간을 제한하여 감전보호를 해야 한다. 우리나라의 전기설비들은 배전시스템, 도시화, 인구밀도 및 기술수준 등 현장여건에 따라 외부 루프임피던스의 차이가 매우 심하므로, 고장 시 전원자동차단에 의한 감전보호를 선정하기 위해서는 접지계통에 따른 외부 루프임피던스, 고장전류 및 보호 장치의 차단 시간을 검토하여 선정해야한다. 특히 공장 및 건물을 짓기 위해 임시전력을 사용하는 현장에서는 대부분 메인 및 분기 주차단기에 과전류차단기를 사용하는데 메인에 누전차단기를 사용할 경우 분기회로 말단에 누전이 발생하였을 경우에도 메인 누전차단기가 트립되어 전체 정전을 초래할 수 있으므로 현장 여건 상 과전류차단기를 사용하고 있다. 본 논문에서는 실제 현장의 TN 계통방식에서 과전류차단기를 이용한 전원자동차단에 의한 감전보호 가능 여부를 용량별로 시뮬레이션 하여 연구하였고, 이에 대한 개선방안을 제시하였다.

2. 감전보호 체계

감전보호의 기본은 인체가 전기설비의 충전부에 접촉할 때 인체를 통해 흐르는 위험전류를 안전한계치 이하로 억제하는 것이다. 따라서 인체에 전류가 흐를 경우 어느 한계를 넘어서면 사망까지 이르게 되므로 KEC에서는 이를 방지하기 위해서 인체 허용접촉전압을 50 V 이내로 규정하고 있다. 이처럼 저압전기설비에서 발생할 수 있는 감전보호 대책으로 단독으로 성립하는 보호, 기본보호(직접접촉보호), 고장보호(간접접촉보호)가 있고, 외부 영향(습도, 온도, 물의 존재, 표고 등)이 관련된 경우에는 이들 환경에 대하여 추가적인 보호를 적용해야한다.

단독으로 성립하는 감전보호는 사용전압을 교류 50 V 이하, 직류 120 V 이하의 전압으로 하거나 SELV(Safety Extra Low Voltage), PELV(Protective Extra Low Voltage), FELV(Functional Extra Low Voltage)의 특별저압에 의한 보호가 있다. 기본보호는 충전부에 인체가 직접 접촉되는 것을 방지하기 위한 보호조치이며, 고장보호는 주로 기본보호의 절연고장으로 인한 간접접촉을 방지하기 위한 보호조치이다[2]. KEC의 감전보호는 기본보호와 고장보호 2가지 보호를 조합하여 실시하도록 규정하고 있으며, 감전에 대한 보호 체계는 Fig. 1 과 같다.

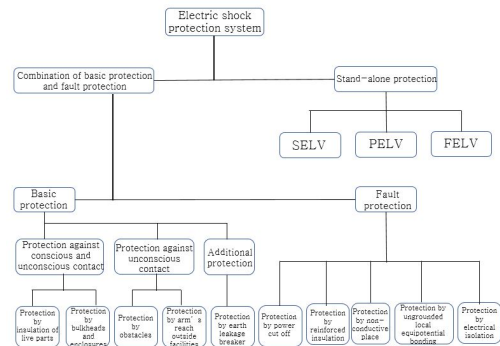


Fig. 1. Electric shock protection system

3. 전원자동차단에 의한 감전보호

전원자동차단에 의한 감전보호는 절연 고장 시 KEC에서 규정한 최대차단시간 이내에 전원을 자동차단하여 위험한 접촉전압을 제거해 인체가 감전되는 것을 방지하는 방식으로 TN, TT 및 IT 계통으로 구분된다. 하지만, 우리나라의 대부분 저압전기설비는 TN 및 TT 계통방식을 사용하고 있다. Table 1은 고장 시 보호장치의 최대 차단시간을 나타낸다[1].

Table 1. Maximum cut-off time of the protective device

Range of Nominal Earth Voltage	Maximum Cut-off Time(s)					
	Branch Circuit or less 32A				Branch Circuit over 32A	
	AC		DC			
	TN	TT	TN	TT		
$50V < U_0 \leq 120V$	0.8	0.3	-	-	5	1
$120V < U_0 \leq 230V$	0.4	0.2	1.0	0.4		
$230V < U_0 \leq 400V$	0.2	0.07	0.4	0.2		
$U_0 > 400V$	0.1	0.04	0.1	0.1		

3.1 전원자동차단에 의한 감전보호 선정 흐름도

고장 시 전원자동차단에 의한 감전보호의 경우 가장 중요한 것이 차단시간이다. 회로 내에 지락이 발생할 경우 고장전류에 대응하는 과전류차단기의 차단시간은 KEC에서 규정한 최대차단시간을 초과해서는 안 된다. Fig. 2는 TN, TT 계통에서 지락사고 시 과전류차단기의 사용 가능여부를 판단하는 흐름도이다[2].

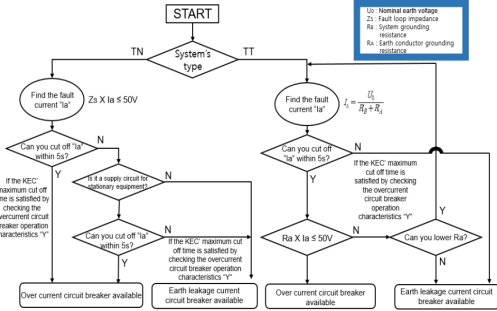


Fig. 2. Electric shock protection review flow chart by power cut-off in TN and TT systems

3.2 TN 계통에서의 감전보호

3.2.1 TN 계통 고장회로 구성도 및 루프임피던스

전원공급계통의 중성점은 대지에 직접 접속하고, 노출도전부는 보호도체로 계통의 중성점에 접속하는 방식으로 TN-S 및 TN-C 계통으로 구분된다. Fig. 3은 TN 계통의 고장회로 구성도이다[3].

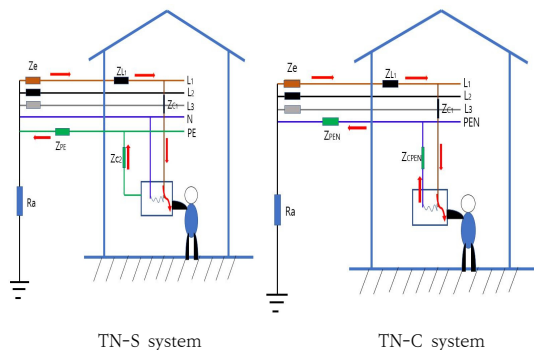


Fig. 3. TN systems's Fault Circuit Diagram

- Z_e : 전원 측 변압기의 임피던스
- Z_{L1} : 배전회로의 임피던스(Ω)
- Z_{C1} : 분기회로의 임피던스(Ω)
- Z_{C2} : 분기회로 보호도체의 임피던스(Ω)
- Z_{PE} : 배전회로 보호도체의 임피던스(Ω)
- Z_{CPEN} : 분기회로 PEN 도체의 임피던스(Ω)
- Z_{PEN} : 배전회로 PEN 도체의 임피던스(Ω)

3.2.2 자동차단조건

설비 내의 상도체(L1, L2, L3)와 보호도체 또는 노출도전부 사이에서 고장회로 임피던스가 무시할 수 있는 정도의 고장이 발생한 경우, 정해진 시간 이내에 전원을 자동차단하도록 보호장치의 특성과 도체의 단면적을 선정해야 한다. 다음 Eq. (1)은 TN 계통의 자동차단조건을 나타낸다[3].

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (1)$$

Z_s : 고장회로 임피던스(Ω)

I_a : Table 1의 최대차단시간 이내에 보호장치를 동작시킬 수 있는 전류(A)

U_0 : 공칭대지전압 (V)

3.3 TT 계통에서의 감전보호

3.3.1 TT 계통 고장회로 구성도 및 루프임피던스

전원공급계통의 중성점은 대지에 직접 접속하고, 노출도전부는 보호도체로 대지에 직접 접속하여 누전차단기나 과전류차단기로 감전보호를 하는 방식이다. 과전류차단기를 이용해 감전보호를 할 경우에는 대지 저항률이 대단히 낮아, 기기접지 저항 값의 합이 대단히 낮은 경우에만 감전보호가 가능하다. 하지만 지락 고장전류가 대지를 통하여 흐르므로 고장회로 임피던스가 매우 커서 대부분 누전차단기만 감전보호가 가능하다. Fig. 4는 TT 계통의 고장회로 구성도이다[3].

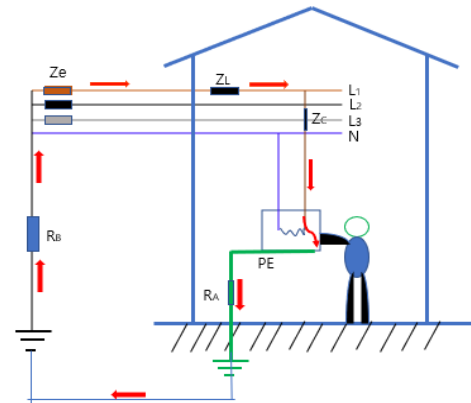


Fig. 4. TT systems's Fault Circuit Diagram

- Z_e : 전원 측 변압기의 임피던스
- Z_L : 배전회로의 임피던스(Ω)
- Z_C : 분기회로의 임피던스(Ω)
- Z_{PE} : 배전회로 보호도체의 임피던스(Ω)
- R_A : 노출도전부 접지저항(Ω)
- R_B : 전원 측 접지저항(Ω)

3.3.2 자동차단조건

TT 계통에서는 보호장치의 종류에 따라 자동차단조건이 구분된다. 첫째, 과전류차단기 사용할 때는 다음 Eq. (2)와 같다[3].

$$Z_s \times I_a \leq U_0 \quad (2)$$

Z_s : 고장회로 임피던스(Ω)

I_a : Table 1의 최대차단시간 이내에 보호장치를 동작시킬 수 있는 전류(A)

U_0 : 공칭대지전압(V)

둘째, 누전차단기 사용할 때는 다음 Eq. (3)과 같다[3].

$$R_A \times I_{\Delta n} \leq 50 V \quad (3)$$

R_A : 노출도전부 접지저항 값(Ω)

$I_{\Delta n}$: 누전차단기의 정격감도전류(A)

4. 현장 시뮬레이션 분석 및 결과

판단기준의 저압전기설비는 대부분 TT 계통방식으로 구성되었고, KEC 적용 이후에는 TT 계통방식보다는 TN 계통방식을 주로 사용하고 있다. 본 논문에서는 실제 현장에서 사용되고 있는 전기설비를 용량별로 시뮬레이션하여 분석하였다. Table 2는 전기안전연구원서 연구한 부하전류에 따른 전원 측 임피던스이고, Table 3은 케이블의 임피던스이다[4].

Table 2. Power Side Impedance

Division	Single Phase 100A or less		Single Phase over 100A	
	Single Phase	3-phase	Single Phase	3-phase
Transformer Impedance	0.34+j0.15	0.29+j0.18	0.29+j0.12	0.24+j0.19
Voltage(V)	220	380/220	220	380/220

Table 3. 0.6/1 kV CV, CE, F-CV, TRF-CV Cable Impedance

Cross-sectional Area (mm ²)	Single-core Cable(Ω/km)				Multi-core Cable(Ω/km)			
	Single Phase		3-phase		Single Phase		3-phase	
	R	X	R	X	R	X	R	X
10	2.3335	0.1346	2.3335	0.152	2.3336	0.0954	2.3336	0.1041
16	1.4665	0.128	1.4665	0.1455	1.4666	0.0925	1.4666	0.1012
35	0.6685	0.1189	0.6685	0.1363	0.6686	0.0901	0.6687	0.0988
50	0.494	0.115	0.4939	0.1324	0.4941	0.0892	0.4942	0.0979
70	0.3426	0.1081	0.3424	0.1255	0.3427	0.0878	0.3429	0.0965
185	0.1291	0.1022	0.1284	0.1196	0.1291	0.0862	0.1295	0.0949

4.1 용량별 현장 시뮬레이션 분석

현장의 전기설비는 메인 및 분기 주차단기에 누전차단기를 사용한 곳은 없고, 과전류차단기를 사용하고 있다. Table 4는 현장에 설치된 용량별 전기설비 사진이며, Fig. 5는 고장 루프임피던스 구성도, Table 5는 용량 10 kW, Table 6은 용량 100 kW, Table 7은 용량 300 kW의 현장설비 제원을 나타낸다.

Table 4. On-site Electrical Equipment Photo by Capacity

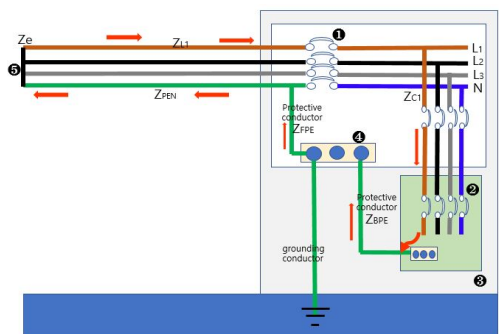
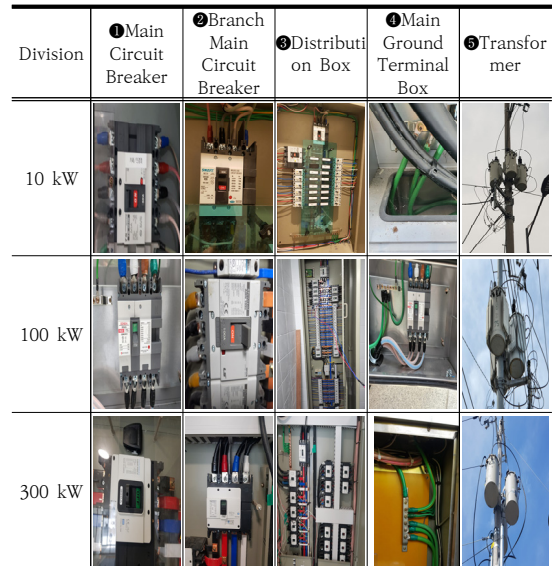


Fig. 5. Loop Impedance Diagram

Z_e : 전원 측 임피던스

Z_{L1} : 간선 임피던스

Z_{CL} : 분기선 임피던스

Z_{BPE} : 분기회로 보호도체 임피던스

Z_{PEN} : 간선 PEN도체 임피던스

Table 5. 10 kW On-site Electrical Equipment Specifications

Division	Earth Voltage(V)	Conductor Type	Length (m)	Impedance (Ω)
Z_e	220	-	-	0.3413
Z_{L1}		TFR-CV 10 mm ²	30	0.07
Z_{C1}		TFR-CV 10 mm ²	50	0.1170
Z_{BPE}		TFR-GV 10 mm ²	50	0.1170
Z_{PEN}		TFR-CV 10 mm ²	30	0.07
Sum		-		0.7153
Electrical Equipment Information	1. Main Circuit Breaker : 50 A 2. Protective Conductor : TFR-GV 10 mm ² 3. Branch Main Circuit Breaker : 40 A 4. Transformer Capacity : 150 kVA (Single Phase 50 kVA × 3) 5. Trunk Line Type : TFR-CV 10 mm ² 6. Branch Line Type: TFR-CV 10 mm ²			

Table 6. 100 kW On-site Electrical Equipment Specifications

Division	Earth Voltage(V)	Conductor Type	Length (m)	Impedance (Ω)
Z_e	220	-	-	0.306
Z_{L1}		TFR-CV 70mm ²	30	0.0108
Z_{C1}		TFR-CV 50mm ²	100	0.0507
Z_{BPE}		TFR-GV 35mm ²	100	0.0365
Z_{PEN}		TFR-CV 70mm ²	30	0.0108
Sum		-		0.4148
Electrical Equipment Information	1. Main Circuit Breaker : 175 A 2. Protective Conductor : TFR-GV 35 mm ² 3. Branch Main Circuit Breaker : 100 A 4. Transformer Capacity : 225 kVA (Single Phase 75 kVA × 3) 5. Trunk Line Type : TFR-CV 70 mm ² 6. Branch Line Type : TFR-CV 50 mm ²			

Table 7. 300 kW On-site Electrical Equipment Specifications

Division	Earth Voltage(V)	Conductor type	Length (m)	Impedance (Ω)
Z_e	220	-	-	0.306
Z_{L1}		TFR-CV 185 mm ²	50	0.0088
Z_{C1}		TFR-CV 50 mm ²	120	0.0614
Z_{BPE}		TFR-GV 50 mm ²	120	0.0614
Z_{PEN}		TFR-CV 185 mm ²	50	0.0088
Sum		-		0.4464
Electrical Equipment Information	1. Main Circuit Breaker : 300 A 2. Protective Conductor : TFR-GV 50 mm ² 3. Branch Main Circuit Breaker : 175 A 4. Transformer Capacity : 300 kVA (Single Phase 100 kVA × 3) 5. Trunk Line Type : TFR-CV 185 mm ² 6. Branch Line Type : TFR-CV 50 mm ²			

4.2 용량별 현장 시뮬레이션 결과

4.2.1 용량 10 kW

Table 8은 용량 10 kW일 때 고장전류가 307.56 A, 과전류차단기 정격전류 40 A, 보호장치 동작시간이 정격 전류의 7.69배에서 28초에 동작, KEC의 최대차단시간 5초를 초과하여 불만족하다는 결과를 나타내며, Fig. 6 은 정격전류 40 A 과전류차단기의 시간전류특성(TCC : Time Current Characteristic, 이하 TCC) 곡선을 나타낸다.

Table 8. Capacity 10 kW adequacy assessment

Division	Adequacy Assessment
Fault Current	$I_f = \frac{U_0(\text{earth voltage})}{Z_s(\text{fault loop impedance})} = \frac{220}{0.7153} = 307.56\text{A}$
Protection Device	Molded Case Circuit Breaker : 40A
Operation Magnification	$\delta = \frac{I_s}{I_n} = 7.69$
Protection Device Trip time	Operates in 28 seconds at 7.69 times the rated current
Result	Dissatisfaction (KEC's Maximum cut-off time within 5 seconds)

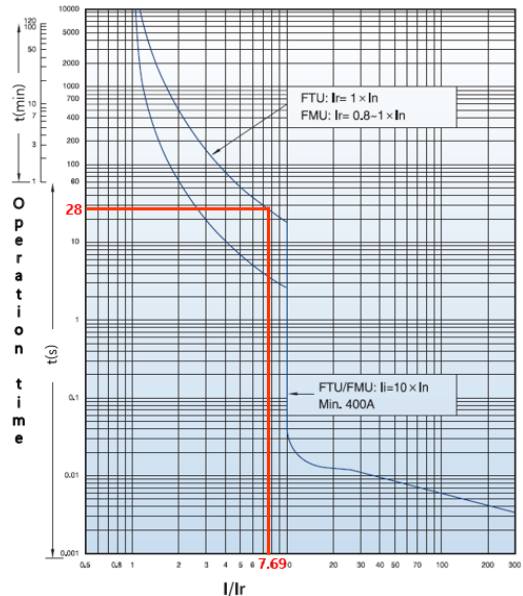


Fig. 6. 40A Over-current Circuit Breaker TCC Curve

4.2.2 용량 100 kW

Table 9는 용량 100 kW일 때 고장전류가 530.38 A, 과전류차단기 정격전류 100 A, 보호장치 동작시간이 정격 전류의 5.3배에서 50초에 동작, KEC의 최대차단시간 5초를 초과하여 불만족하다는 결과를 나타내며, Fig. 7은 정격전류 100 A 과전류차단기의 TCC 곡선을 나타낸다.

Table 9. Capacity 100 kW adequacy assessment

Division	Adequacy Assessment
Fault Current	$I_f = \frac{U_0(\text{earth voltage})}{Z_s(\text{fault loop impedance})} = \frac{220}{530.38A} = 0.4148$
Protection Device	Molded Case Circuit Breaker : 100A
Operation Magnification	$\delta = \frac{I_s}{I_n} = 5.3$
Protection Device Trip time	Operates in 50 seconds at 5.3 times the rated current
Result	Dissatisfaction (KEC's Maximum cut-off time within 5 seconds)

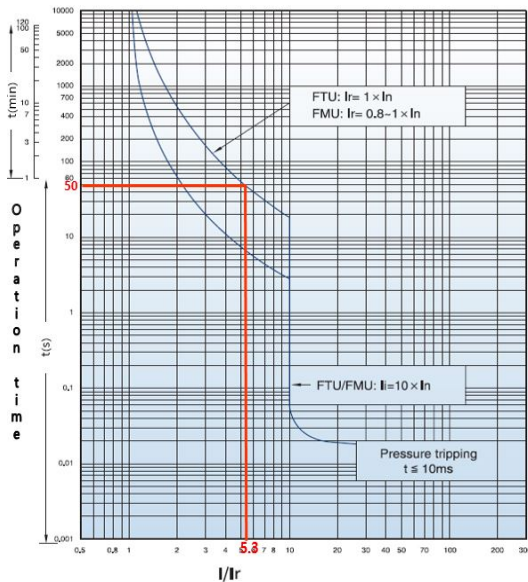


Fig. 7. 100A Over-current Circuit Breaker TCC Curve

4.2.3 용량 300 kW

Table 10은 300 kW일 때 고장전류가 492.83 A, 과전류차단기 정격전류 175 A, 보호장치 동작시간이 정격 전류의 2.816배에서 500초에 동작, KEC의 최대차단

시간 5초를 초과하여 불만족하다는 결과를 나타내며, Fig. 8은 정격전류 175 A 과전류차단기의 TCC 곡선을 나타낸다.

Table 10. Capacity 300 kW adequacy assessment

Division	Adequacy Assessment
Fault Current	$I_f = \frac{U_0(\text{earth voltage})}{Z_s(\text{fault loop impedance})} = \frac{220}{492.83A} = 0.4464$
Protection Device	Molded Case Circuit Breaker : 175A
Operation Magnification	$\delta = \frac{I_s}{I_n} = 2.816$
Protection Device Trip time	Operates in 500 seconds at 2.816 times the rated current
Result	Dissatisfaction (KEC's Maximum cut-off time within 5 seconds)

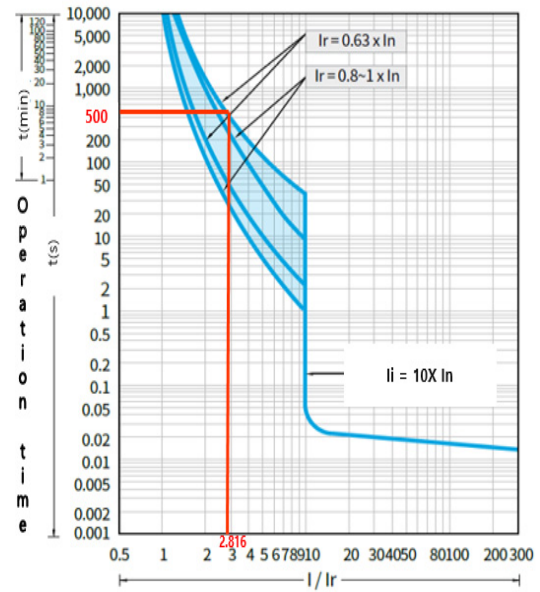


Fig. 8. 175A Over-current Circuit Breaker TCC Curve

5. 개선 방안

시뮬레이션 결과 10, 100, 300 kW 고장전류는 정격 전류의 7.69, 5.3, 2.816배이고, 이때 보호장치의 동작 시간은 28, 50, 500초로 KEC의 최대차단시간 5초를 초과하여 전원자동차단에 의한 감전보호를 만족하지 못하였다. 또한, Fig. 6, 7, 8의 TCC 곡선을 보면 현장에 사

용되고 있는 과전류차단기는 정격전류의 10배 이상에서 순시트립 (트립시간 20 ms 이내)이 되므로 고장류프임 피드백스가 매우 작아야만 KEC에서 규정된 최대차단시간을 만족하여 전원자동차단에 의한 감전보호가 가능하다. 이에 대한 개선 방안으로

첫째, 누전차단기를 사용하는 것이다. 하지만, 메인에 누전차단기를 사용 시 분기에서 누전이 발생하여도 메인 누전차단기가 동작하여 전체 정전을 초래할 수 있으므로 설비 운영상 사용하기 힘들다.

둘째, TCC 곡선이 고정된 과전류차단기가 아닌 트립 시간 및 트립전류를 조정 가능한 전자식 과전류차단기를 사용하는 것이다.

Table 11은 전자식 과전류차단기의 TCC 곡선과 차단기의 정정 범위로 용어를 설명하면 I_n 은 차단기의 정격전류이고, 다이얼 ①의 I_r 은 부하에 따른 정격전류로 차단기 정격전류의 0.4 ~ 1.0배 사이에서 단계 조정이 가능하다. T_r 은 I_r 를 초과하는 과부하전류의 최대차단시간이고, 다이얼 ②의 I_{sd} 는 단한시트립전류로 I_r 의 1.5 ~ 10배 사이에서 단계 조정이 가능하다. 다이얼 ③의 T_{sd} 는 I_{sd} 를 초과하는 전류에서 차단기의 동작시간으로 50 ~ 300 ms 사이에서 단계 조정이 가능하다. I_i 는 I_n 의 11배에서 검출 순간 차단하는 순시차단전류이다. I_{cu} 는 차단기의 정격차단전류로 차단기가 차단할 수 있는 최대 차단전류이다.

여기서 I_{sd} 와 T_{sd} 를 각각 조정하여 감전보호 가능여부를 확인하였다. 각 용량별 고장전류는 10 kW에서 307.56 A, 100 kW에서 530.38 A, 300 kW에서 492.83 A로 Table 1의 TN 계통에서 전원자동차단에 의한 감전보호가 가능한 최대차단시간 5초 이내가 되도록 조정하였다. T_{sd} 는 고장전류이내가 되도록 10 kW에서 I_r 의 7배 (280 A), 100 kW에서 I_r 의 5배 (500 A), 300 kW에서 I_r 의 2배 (350 A)로 다이얼을 조정하고, T_{sd} 는 다이얼을 50 ms로 조정하였다. Table 12는 현장에서 사용 중인 TCC 곡선이 고정된 과전류차단기의 결과와 I_{sd} 와 T_{sd} 를 조정한 전자식 과전류차단기의 결과를 비교한 표로, 전자식 과전류차단기를 적용하면 고장전류에서 모두 5초 이내에 동작하여 전원자동차단에 의한 감전보호가 만족하다는 것을 보여준다. Fig. 9는 300 kW 용량의 전자식 과전류차단기의 정정된 TCC 곡선을 나타낸다.

Table 11. Electronic Type TCC Curve & Setting Range

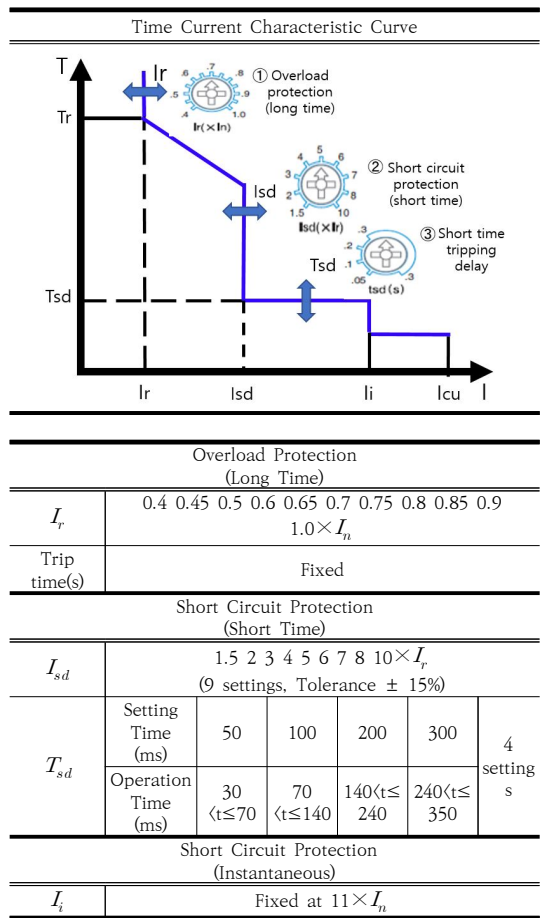


Table 12. Comparative Analysis Result

Capacity (Rated Current)	Fault Current (A)	Over-current Circuit Breaker					
		In use		Improvement(electronic)			
		Trip Time (s)	Result	Trip Current (A)	Trip Time (s)	Result	
10 kw (40 A)	307.56	28	Dis satisfactio n	Dial② set to 7 280	Dial③ set to 0.05	satisfacti on	
100 kw (100 A)	530.38	50	Dis satisfactio n	Dial② set to 5 500	Dial③ set to 0.05	satisfacti on	
300 kw (175 A)	492.83	500	Dis satisfactio n	Dial② set to 2 350	Dial③ set to 0.05	satisfacti on	

※ Satisfaction within 5 seconds

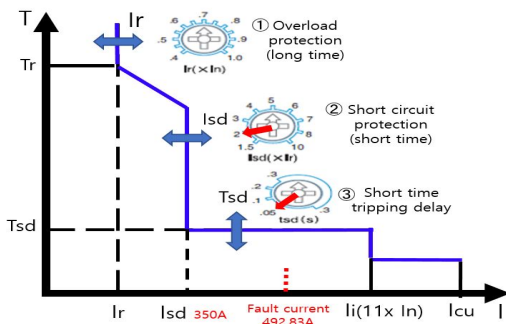


Fig. 9. 300 kW Electronic Type TCC Curve

6. 결론

본 논문과 같이 실제 현장의 TN 계통방식에서 과전류 차단기를 이용한 전원자동차단에 의한 감전보호 가능 여부를 용량별로 분석 연구한 결과

첫째, 10 kW일 경우 동작배율이 7.69, 보호장치 동작시간 28초로 최대차단시간 5초 이내 불만족.

둘째, 100 kW일 경우 동작배율이 5.3, 보호장치 동작시간 50초로 최대차단시간 5초 이내 불만족.

셋째, 300 kW일 경우 동작배율이 2.816, 보호장치 동작시간 500초로 최대차단시간 5초 이내 불만족.

위 3가지 용량별 현장 시뮬레이션 분석결과 모두 고장 시 과전류차단기를 이용한 전원자동차단의 감전보호가 불가능하다는 것을 알았다. 그 이유는 현장에서 사용하고 있는 과전류차단기의 순시영역은 정격전류의 10배 이상에서 트립이 되므로 고장 루프임피던스가 매우 작아야만 KEC의 최대차단시간 5초를 만족하여 전원자동차단에 의한 감전보호를 할 수 있기 때문이다. 따라서 현재 개발된 다이얼② Isd의 트립전류와 다이얼③ Tsd의 트립 시간 조정이 가능한 Table 11과 같은 동작특성을 가진 전자식 과전류차단기 제품의 사용이 필요할 것으로 판단된다.

References

[1] Korea Electric Association, Korea Electro-technical Code [KEC], p1016. President of Korea Electric Association Publisher, 2021, pp.142-168.

[2] Young-Ki Chung, Hee-Ro Kwak, Hyo-sub Shin, Chun-byoung Chung, Taik-joo Nam, "Problems and Improvement Method of Grounding System in Electrical Facilities", *The Korea Institute of Electrical Engineers Summer Conference*, Electric Engineers Magazine, Korea, pp52-57, August 2001.
<https://koreascience.kr/article/JAKO200151922867479.page?volissCtrlNo=s276&pubDt=2005>

[3] Korea Electric Association, Technical guidelines for electric shock and over-current protection design method (KECG 1702-2019), p266, President of Korea Electric Association Publisher, 2019, pp.1-82.

[4] Korea Electrical Safety Code, p677, Korea Electrical Safety Corporation Publisher, 2021, pp92-96.
https://www.kesco.or.kr/bbs/selectPageListBbs.do?bbs_code=MCB00519

조 강 연(Kang-Yeon Cho)

[정회원]



- 2002년 2월 : 목포대학교 전기공학과 졸업
- 2021년 2월 : 호남대학교 대학원 (석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 호남대학교 대학원 재학 중
- 2007년 3월 ~ 현재 : 한국전기안전공사 검사과장

<관심분야>

전기설비, 신재생에너지 및 전기설계

여 익 수(Ik-Soo Eo)

[종신회원]



- 1996년 2월 : 한양대학교 대학원 전기공학과 (석사)
- 2008년 2월 : 서울벤처대학원 컴퓨터응용학과 (박사)
- 1998년 2월 ~ 현재 : 호남대학교 전기공학과 교수

<관심분야>

전기설비 및 조명분야