

# A study on Protective Coordination of MCA for Performing of the Pad Mounted Transformer's inside Protective Device

지상변압기의 내부 보호장비 작동을 위한 MCA 보호협조에 대한 연구

Seung-Yoon Hyun, Chang-Hwan Kim

현승윤, 김창환

## Abstract

KEPCO's plan is undergoing a trial operation to replace the open-loop section with ring main units configuration where underground distribution lines are installed, by linking the multi-way circuit breakers auto (MCA) on the power side of each pad-mounted transformer. However, ring main units application mentioned above may cause the ripple effects, when implementing the configuration without a study of protection coordination. Because ring main units with classical pre-set protection devices contribution in fault condition didn't consider yet. For the reliable ring main units operation, it is necessary to resolve several protection issues such as the protection coordination with substation side, prevention of the transformer inrush current. These issues can radically deteriorate the distribution system reliability Hence, it is essential to design proper protection coordination to reduce these types of problems. This paper presents a scheme of ring main units' configuration and MCA's settings of time-current curves to preserve the performance of protection coordination among the switchgears considering constraints, e.g. prevention of the ripple effects (on the branch section when a transformer failure occurs and the mainline when a branch line failure occurs). It was confirmed that the propagation of the failure for each interrupter segment could be minimized by applying the proposed TCC and the interrupter settings for the MCAs (branch, transformer). Further, it was verified that the undetected area of the distribution automation system (DAS) could be supplemented by having the MCA configured ring main units operate first, instead of the internal protection equipment in the transformer such as the fuse, STP when a transformer failure occurs.

*Keywords: ring main unit, multi-way circuit breakers auto, protective coordination*

## I. 서론

지중배전선로의 공급 신뢰도를 개선하고자 현행 Open Loop 방식의 지중배전선로 변압기 설치 구간을 지상변압기별 전원측 다회로차단기(MCA : multi-way circuit breakers auto) 차단부 연계를 통한 RMU(Ring Main Unit: 전원측 개폐부, 부하측 차단부의 변압기용 개폐기) 구성으로 변경하는 방안이 수립되었으며, 일부 지중 계통 시범 구축 및 운영하고 있다[1].

이는 기존에 국내 고신뢰 전력 공급을 위한 배전스테이션의 변압기 공급선로에서만 적용하였던 간선(또는 분기선) 연계 방식을 지중배전선로에서 기 사용중인 다회로 차단기 및 변압기만을 활용하여 동일 기능을 구현하는 방법이다.

상기의 RMU 운영을 안정적으로 하기 위해서는 변전소측 차단기, 분기선(간선)용 다회로차단기, 지상변압기 전원측 다회로 차단기, 변압기 돌입전류 및 변압기 보호장치와의 보호협조 검토가 필수적이다.

본 연구에서는 다회로차단기로 RMU 기능 구현 시 발생할 수 있는 변압기 고장으로 인한 분기구간 고장 파급 및 분기선로 고장

(변압기 구간)에 따른 간선구간 파급 최소화를 위한 방안을 검토하였다.

## II. 공급신뢰도 확보를 위한 다회로차단기 설정방안

RMU를 구성하기 위한 다회로차단기는 22.9kV-y 지중 배전선로에서 지상에 설치되어 다회로 방식의 고장구간 자동차단, 선로 및 분기선로 구분에 사용되어 왔으며, 차단동작 시간에 따라 일반(차단시간 : 3 cycles, Permanent Magnetic Actuator 방식) 및 고속도(차단시간:1±0.2 cycles, Electromagnetic Repulsion Actuator 방식)의 2가지 타입이 존재한다[2].

지중배전선로에 설치되는 보호기기 간 보호협조를 위하여, 한전은 종래의 표준(N1~N4)을 비롯하여 IEC 커브를 확대 적용하고자 노력하였으며, 이에 따라 RMU 구성을 위한 다회로 차단기 내부에 실장되어 있는 T-C 특성 곡선(동작커브)의 종류가 다양해졌다.

저압측 전원 공급을 위한 지상 변압기의 고압측 보호장치는 한류퓨즈와 스위치 타입 보호장치를 직렬로 연결하여 변압기에서 발

## Article Information

Manuscript Received September 16, 2021, Accepted April 28, 2022, Published online December 30, 2020

The authors are with KEPCO Research Institute, Korea Electric Power Corporation, 105 Munji-ro Yuseong-gu, Daejeon 34056, Republic of Korea.

Correspondence Author: SeungYoon Hyun (hsy04@kepco.co.kr)



This paper is an open access article licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License.

To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

This paper, color print of one or more figures in this paper, and/or supplementary information are available at <http://journal.kepco.co.kr>.

생하는 과부하 또는 저압측에서 고장발생 시 차단하는 기능을 하고 있다.

RMU 기능 구현을 위한 다회로 차단기 보호협조의 경우, 고장 선로 절체로 인하여 개폐기 또는 차단기 투입에 의해 변압기 돌입 전류가 발생하므로 지상변압기 전원측 다회로차단기 차단부의 개방을 방지할 수 있도록 설계되어야 한다. 또한 분기선로 고장 발생 시 간선 구간 파급 최소화를 위하여 변전소측 차단기의 순시동작 지연시간 및 한시 특성을 고려한 보호협조가 이루어져야 할 필요성이 있다.

A. 변압기 고장 시 분기구간 파급 방지 방안

지상변압기는 고압측 보호장치로 스위치 타입 보호장치(STP: switch type protector) 와 한류퓨즈(current limiting fuse) 등을 구비하여 지상변압기의 고장이 계통쪽으로 파급되지 않도록 하고 있다.

하지만 지상변압기의 고장 등으로 인하여 스위치 보호장치 및/ 또는 한류퓨즈가 동작하는 경우, 고압측 입력 전원이 끊겨 배전자동화시스템과의 통신이 불가능할 수 있다. 이로 인하여 배전계통 운영시스템은 보호장치 동작에 따른 고장 여부를 즉시 감지할 수 없고, 고장 접수 후 운전원이 직접 고장 개소를 파악하고, 한류퓨즈 및 스위치 타입 보호장치를 교체 완료하여야만 고장이 복구되어 고장이 복구까지 시간이 길어지고 고장 복구 기간이 건 별로 상이할 수 있다.

따라서, 변압기 고장 발생 시 배전자동화시스템에서 감지할 수 있도록 다회로차단기 차단부의 동작 확대 방안을 검토하였다. 주요 검토 조건은 아래와 같다.

- 변압기 돌입전류에 의한다회로차단기 차단부 개방 방지
- 보호협조 구간 확대 : 다회로차단기 차단부 T-C 특성곡선이 STP 및 한류퓨즈 동작 특성곡선보다 하단에 위치하여 우선 동작하고, 특성곡선 중첩 최소화 필요

상기 두가지 조건을 만족하는 지상 변압기용 다회로 차단기 설정 방안을 수립하기 위하여 현행 다회로차단기에서 설정할 수 있는 T-C 특성곡선을 분석하였고, 최종적으로 선정된 특성곡선 및 내부 파라미터는 TABAL 1과 같다.

TABLE 2에서와 같이, 다회로차단기 차단부 T-C 특성곡선 곡선은 기울기가 크고 소전류 영역에서 동작하는 STP 및 한류퓨즈의 차단특성을 고려해 'IEC-EI curve'로 선정하였으며, 식 (1)과 같다.

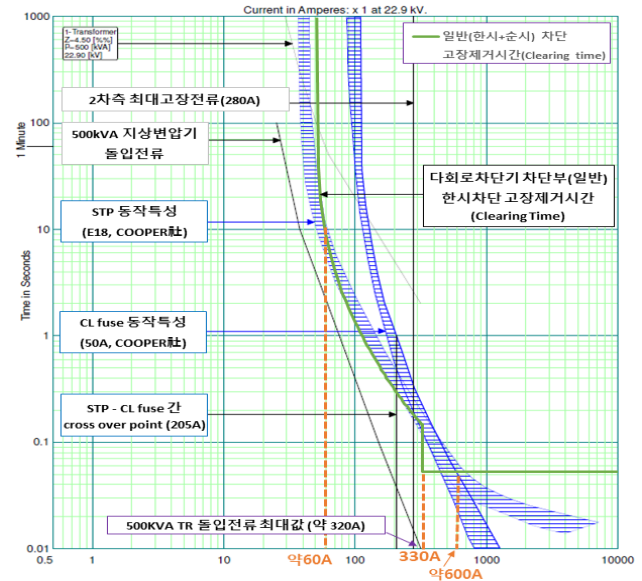
$$T_{MCA}(i) = \begin{cases} \left(\frac{80}{I_{pickup1}}\right)^{2.0-1.0} \times TDS + T_{delay} & , \text{for } i > I_{pickup1} \\ T_{const} + T_{delay} & , \text{for } i \geq I_{pickup2} \end{cases} \quad (1)$$

여기서,  $T_{MCA}(i)$  : 다회로차단기 동작시간, TDS : 시상수 곱(time dial setting),  $T_{const}$  : 다회로 차단기 대전류 개방 동작 시간,  $T_{delay}$  : 다회로 차단기 동작 지연 시간

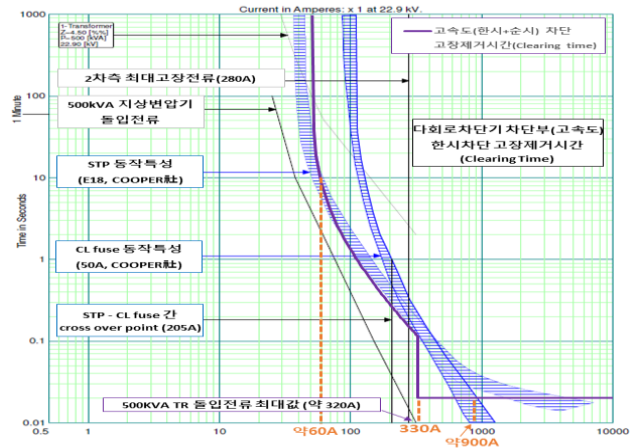
각 상별 한시동작을 위한 최소동작전류( $I_{pickup1}$ )의 경우, IEC-EI 특성커브가 STP 및 한류퓨즈의 특성커브 하단에 위치하기 위해 상별 최소동작전류인30[A] 적용이 필요하나, 현행 다회로차단기 차단부의 설정가능 범위를 미달하여 최소 설정값인 50[A]를 적용하였다. 이때 시상수곱(TDS)은 0.05로 설정하여 STP와 한류퓨즈보다 우선 동작할 수 있도록 보호영역을 확대하였다. 또한, 지락 최소동작전류는 500kVA 변압기의 전원측 상별 최대 부하전류 허용 불평

TABLE 1  
변압기용 다회로차단기 차단부 설정(안)

동작 구분	최소동작전류		비고
	상	지락	
한시	50 A	25 A	IEC-EIcurve, TDS 0.05
순시	320 A		지연시간( $T_{delay}$ ): 미적용



(a) 일반



(b) 고속도

Fig. 1. 다회로차단기 차단부, 한류퓨즈 및 STP T-C 특성 곡선

형율(30%)과 다회로차단기의 설정가능치를 감안하여 25[A]를 적용하였다.

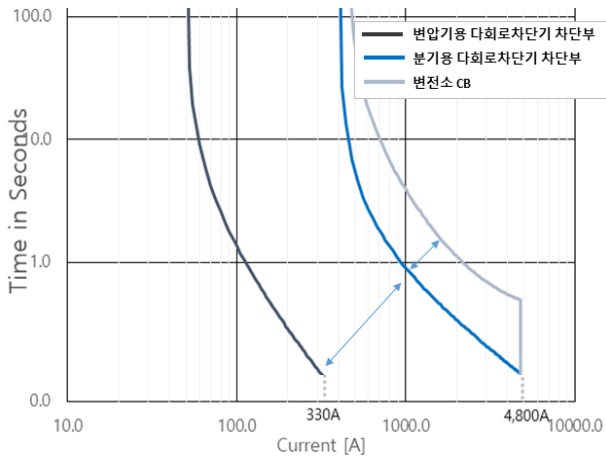
순시동작을 위한 최소동작전류( $I_{pickup2}$ )의 경우, 500 kVA 지상변압기 돌입전류의 최대치가 310~320[A] 부근에서 형성되는 것을 고려하여 순시차단 최소동작전류를 320[A]로 설정하였다.

추가적으로, 지연시간( $T_{delay}$ )을 0초로 설정하여 일반 및 고속도 다회로차단기의 개극시간 차이를 감안하여 배전자동화시스템에서 다회로차단기 차단부 동작을 최대한 감지할 수 있도록 하는 방안을 수립하였다.

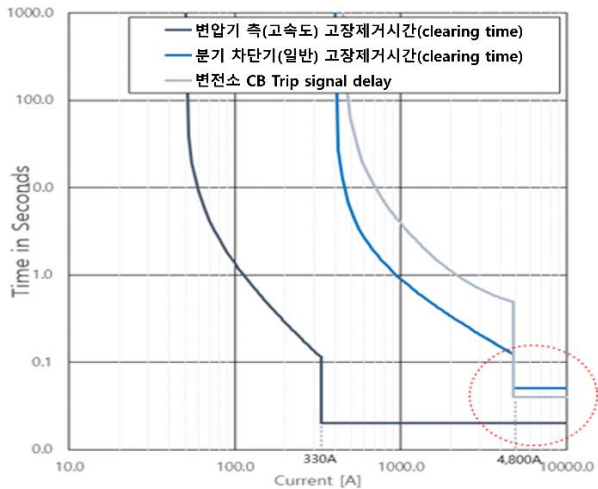
TABLE 2에서 설정된 다회로차단기 차단부의 특성곡선과 기준

TABLE 2  
TC 특성커브 및 최소동작전류 차등 적용

구분	변전소 CB	다회로차단기	
		분기	변압기
동작 전류	·상 : 660A ·지락 : 132A	·상 : 400A ·지락 : 100A	·상 : 50A ·지락 : 25A
T-C 설정	·TCC : KVI ·TDS : 0.33	·TCC : IEC-VI ·TDS : 0.1	·TCC : IEC-EI ·TDS : 0.05
비고	-	·선로용 표준 설정치 적용	·표 2 설정(안) 적용



(a) 한시 동작



(b) 순시 동작

Fig. 2. 변전소 CB, 다회로차단기(분기,변압기) T-C 특성곡선

에 운영중인 지상변압기 고압측 보호장치인 한류퓨즈 및 STP의 T-C 특성곡선을 Fig. 1에 나타내었다.

IEC-EI 특성 곡선의 도입을 통해 STP 및 한류퓨즈가 우선 동작하는 영역을 최소화하여 다회로차단기 차단부가 우선 동작하도록 설정함으로써, 배전자동화시스템에서 감지 가능하여 신속한 고장점 파악 및 고장복구시간을 단축할 수 있음을 Fig. 1을 통하여 확인할 수 있다.

B. 분기선로 고장 시 간선구간 파급 방지 방안

지중 변압기 선로의 RMU 운영을 위해서는 '변전소 CB-분기 다회로차단기 차단부-지상변압기 다회로 차단기 차단부'로 연결되는 특고압 간선 및 특고압 분기선 간 보호협조 검토가 필수적이다. 따라서 본 절에서는 차단기별(일반, 고속도) 보호범위 내 한시 및 순시 차단동작 협조여부 검토를 수행하였으며, 이를 통해 분기 및 변압기 측 다회로차단기 조합을 선정하고자 한다.

우선 한시차단의 경우, 2.1절에서 수립된 TC 특성곡선 및 최소동작전류 차등 적용 TABLE 2으로 Fig. 2(a)와 같이 최소 협조 운전 시간차(3cycles)를 만족하는 보호협조 운전이 가능함을 확인하였다.

또한 순시차단 협조 운전은 Fig. 2(b)에서 나타나는 바와 같이, 분기구간 및 지상변압기 측 다회로차단기를 고속도 동작 방식으로 적용하게 되면 변전소 CB 응답 시간보다 다회로차단기 고장제거시간이 확보되어 고장 파급을 방지할 수 있음을 확인하였다.

III. 결론

본 연구에서는 다회로차단기를 활용한 지중 배전선로 변압기선로 신뢰도 개선용 RMU 기능 구현 시 발생할 수 있는 고장 파급을 최소화하기 위한 방안을 제안하였다. 제안한 T-C 특성 곡선 및 다회로차단기(분기, 변압기) 차단부 설정 방안을 적용할 경우, 각 차단기 구간별 고장 파급을 최소화할 수 있음을 확인하였다. 추가적으로, 변압기 고장시 내부 보호장치인 Fuse 및 STP 대비 차단기 차단부 우선 동작으로 배전자동화시스템의 미감지 영역을 보완할 수 있음을 확인하였다.

Acknowledgment

This research was supported by Korea Electric Power Corporation under Grant R20DA25.

References

[1] 현승윤, "공급신뢰도 개선형 지중계통 차단기 운용방안", 전력연구원, 2020  
 [2] "25.8kV 예폭시 절연 고속도 전원월환 다회로 차단기(지중용)", 한전 일반구매규격(GS-5925-0136), 2010