

전력용 보호제어정보의 ATM전송조건 모델링에 관한 연구

이재조, 윤일환**, 유재택**, 이원태*, 허영*, 김관호*
*한국전기연구소, **전력연구원

A Study on the Transmission Constraints Modeling of Carrier Relay Signal over ATM network

Jae-jo Lee, Il-hwan Yoon**, Jae-tack Yoo**, Won-tae Lee*,
Young Huh**, Kwan-ho Kim*

*Korea Electrotechnology Research Institute, **KEPRI

Abstract

In this paper, we present a transmission constraints modeling of carrier relay signal over ATM network. Since teleprotection system, which is used for protecting power transmission lines using telecommunications, has strict transmission delay constraints, it is a important problem to transmit teleprotection signals in future utilities' ATM networks when utilites' communications are integrated. Therefore, we considered the transmission constraints of carrier relay signal over ATM network and the transmission model system.

논문에서는 가장 우선시 되는 Carrier Relay(이하 CR)신호를 목표로 하여 보호제어정보에 대한 전송제약조건을 검토하고 전송조건하에서의 기본모델을 설정하였다. 설정된 모델은 앞으로 765kv송압을 고려하여 가장 엄격한 전송조건을 설정한 것으로 CR신호 이외의 보호정보는 전혀 문제없이 수용이 가능하다.

2장에서는 보호계전기의 역할과 구성기술을 검토하고 한국전력의 계통보호전송장치의 적용방식에 대하여 고찰하였다. 3장에서는 CR정보의 전송요구조건과 모델링된 전송로 시스템에 대하여 설명한다. 4장 결론에서는 기존의 CR정보의 ATM망에의 수용에 대한 앞으로의 연구방향에 대하여 설명한다.

1. 서론

최근 한국전력공사의 자가 통신설비는 전력회사 고유의 통신서비스에 대한 요구뿐만 아니라 외부 통신서비스의 수용을 위해 급속히 발전하고 있다. 이러한 추세에 비추어 향후 예상되는 ATM네트워크로의 천이를 가정하여 본 논문에서는 전력전송에 필수적인 전력용 보호제어정보의 ATM망 수용에 대한 기본적인 검토결과를 소개한다. 현재 한국전력의 전송시스템은 2.5G SONET망을 기간망으로 하여 각 지역망은 90Mbps 비동기방식 전송장치와 155Mbps동기식 전송장치를 주로 하여 구성되어 있다. 이러한 전력통신망은 전력용 보호제어정보를 가장 중요한 관리정보로 취급하여 최우선적으로 전송되도록 통신회선이 구성되어 있다. 여러 가지 전력용 정보가 있지만 본

2. 보호계전기술

전력계통보호기술은 전력계통과 이를 구성하는 각종 전력기기, 설비 등의 고장 및 사고 발생시 이를 검출하여 보호하는 기술이라고 요약되지만, 그 세부 구성기술은 단순하지만은 않다. 전력계통의 보호장치로는 가정집의 전기 인입측에 사용하는 퓨즈(Fuse)나 누전차단기로부터 소규모 전동기의 열동작형 계전기(Thermal Relay), 배전선로상의 리크로저(Recloser), 공장이나 변전소, 발전소 등에 적용되는 각종 보호계전기(Protective Relay) 등 매우 다양하며, 이를 뒷받침하는 하드웨어와 소프트웨어기술은 복잡하고 종합적 기술로서 하나의 특이한 기술 장르를 이루고 있다.

특히 보호계전기는 전기적 사고의 제거와 사고의

영향을 경감시켜서 전력계통의 안전운전을 유지하기 위한 장치로서 전력공급의 신뢰도 확보에 아주 중요한 역할을 하는 것이다.

본 장에서는 보호계전기의 정보를 ATM 스위치에 수용하기 위한 기술적인 검토를 위하여 보호계전기의 역할과 기본적인 구성을 고찰하고 현재 한국전력의 운용현황과 방식을 조사분석하였다.

2.1 보호계전기의 역할

보호계전기의 역할은 전력계통의 안정유지를 도모하는 것이라고 요약될 수 있으며, 전력계통의 확대와 서비스 요청의 고도화 등 환경변화에 따라 변천되어 왔다. 초기에는 보호계전기의 역할이 전력계통에서 발생하는 사고의 제거에만 국한되었지만 최근에는 대정전을 방지한다는 관점에서 탈조, 주파수저하의 방지역할도 하게 되었다. 이러한 보호계전기의 역할을 구분하면 다음과 같다.

- ① 전력계통에 생기는 사고의 제거 (사고제거 Relay)
- ② 파급사고의 방지 (사고파급방지 Relay)
- ③ 복구의 신속화

2.2 보호계전기기술의 구성

보호계전기기술은 크게 두가지로 나누어 생각할 수 있다. 그 하나는 소프트웨어적인 면에서의 기술 즉 피보호설비나 계통에서 발생가능한 모든 종류의 사고나 이상상태를 어떠한 원리로 검출하여 보호할 것인가 하는 이른바 각종 보호계전방식에 대한 구성기술이라고 할 수 있다. 그리고 다른 한가지 기술은 하드웨어적인 면의 기술인데 소프트웨어적인 기술 즉 각종 보호계전방식을 어떠한 실제로 구성하여 장치화 할 것인가에 대한 기술이다. 이것은 대개 보호계전기(또는 보호장치) 그 장치 자체를 의미한다.

보호계전기기술의 세부 구성내용에 대하여 보다 구체적으로 살펴보면 본 논문에서 검토대상으로 하는 소프트웨어적인 기술의 경우 크게 다음 세가지로 분류할 수 있다.

1) 피보호설비별로 적용되는 보호계전방식

많은 종류가 있지만 몇가지 예를 들면 다음과 같다.

- 발전기 보호계전방식
- 송전선 보호계전방식
- 변압기 보호계전방식
- 전동기 보호계전방식
- 모선보호 및 콘덴서 보호계전방식
- 배전선 보호계전방식
- 계통안정화 보호계전방식 등

즉 피보호설비(계통)별로 보호목적용 가지고 구성되는 보다 광의적으로 통칭되는 보호계전방식을 말한다.

2) 사고진출원리 또는 동작원리 측면의 보호계전

방식이다. 예를 들면 본 논문에서 검토하는 송전선을 보호대상으로 하고 있는 보호계전방식을 그 보호원리에 따라 분류해보면 현재 십여가지가 넘는데 각각이 특징과 특성을 가지고 있다.

- 시한차방식
- 거리계전방식
- 전력평형형 회선선택방식
- Pilot 방식

Pilot 종류

- ① Wire Pilot(표시선):50~300Hz
- ② Carrier Pilot(반송장치):30~300KHz
- ③ Microwave Pilot:900~ 6,000MHz
- ④ Optical Fiber Pilot : 1.544Mbps

보호원리

- ① 방향비교방식(Directional Comparison System)
- ② 위상비교방식(Phase Comparison System)
- ③ 전송차단방식(Transfer Tripping System)
- ④ 전류차동방식 (Current Differential Relaying System) 등

3) 보호계전기 자체의 동작과 관련된 소프트웨어적인 기술이다. 즉 예를 들면 계전기의 정정, 동작표시기는 어떻게 실행하는 것이 보다 효과적인가에 대한 방법론적인 것과 또 디지털 계전기의 운영 소프트웨어(Operating System), 응용 소프트웨어(Application Software) 등을 들 수 있다.

2.3 한국전력의 계통보호전송장치

송전선로 보호계전기는 현재 154kv선로에서는 보호계전기반에서는 방향비교와 PCM전류차동방식을 이용하며 전송장치로는 PLC, Audio Tone, Digital전송방식을 혼용하여 사용하고 있다. 345kv 가공송전선로 계통에서는 1st Main은 방향비교방식을 적용하여 PLC나 디지털 전송방식을 사용하고 있고, 2nd Protective는 전송차단 방식이나 PCM전류차동방식을 적용하여 판디지틀 전송방식을 사용하고 있다. 또한 345kv 지중 및 복합송전선로 계통은 1st와 2nd 모두 PCM전류차동방식을 적용하고 판디지틀 전송장치를 이용하고 있다.

3. ATM전송조건 모델링

3.1 CR정보의 전송요구조건 분석

CR정보의 절대전송지연시간은 보호방식별로 차이가 있으며 현재 한전에서 사용하고 있는 방향비교방식은 4 ~ 10ms이하, PCM전류차동방식은 4ms이하로 규정하고 있다. 이러한 전송시간은 표1에서 보는 바와 같이 총동작시간을 3.5Cycle로 설정한 경우의 지연시간이다.

만일 고장제거 시간이 3Cycle로 요구된다면 전송지연시간이 3ms이하로 요구될 수도 있다.

따라서 ATM 전송로 지연시간을 PCM전류차동방식에서 규정한 절대전송지연시간인 4ms를 기준으로 설정하였다. PCM전류차동방식에 대한 지연제약조건으로 지연변동과 상하향정보전송지연차를 설정하고 있으며 지연변동은 $\pm 20\mu\text{sec}$ 이하로 설정되어있다. 또한 전류차동계전기의 비율특성은 10%인데 이중에

표1. 보호 릴레이 시스템의 동작시간 기능별 분배(60Hz계)

항목	시간배분 (Cycle)	소요시간	
총작동시간	3.5	56ms	
기능별분배	차단동작시간	2.0	32ms
	차단지령시간	1/2	8ms
	사고구간 판정시간	3/4	12ms
	전송시간	1/4	4ms

서 전송계오차는 4%로 보고 있다. 따라서 전송지연 시간변동이나 전송계의 상행, 하행지연시간차는 이 전송계오차 4%이내를 만족하여야 한다. 이 4%를 전송지연시간의 보상오차분으로 나타내면 다음시간에 상당하게 된다.

$$\Delta T_d = T_0/2\pi \times \sin^{-1}0.04 = 106\mu\text{s} \dots\dots\dots(\text{식3.1})$$

단 ΔT_d : 오차

$$T_0 : 1 \text{ Cycle의 시간}(1,000,000\mu\text{s} / 60 \times 60)$$

이 $106\mu\text{s}$ 를 $100\mu\text{s}$ 로 간주한다. 지연변동시간이 이 값 이내로, 또 전송계의 상하행지연시간차는 그 1/2이 전술한 4%의 허용치를 넘지않을 것이 요구된다. PCM 전류차동 계전기에서는 샘플링 동기제어는 $\pm 20\mu\text{s}$ 의 정확도를 가지기 때문에 상하향정보전송지연차는 2단자 계통의 예를 들면 다음과 같다.

$$200\mu\text{s} - 2 \times 20\mu\text{s} = 160\mu\text{s} \dots\dots\dots(\text{식3.2})$$

전송품질에 대해서는 CR의 Lock시간율로 평가할 필요가 있으며 다음과 같이 생각할 수 있다. CR의 Lock시간율은 지금까지의 필드 데이터에 의하면

$$\text{Lock시간율} = \text{요란에 따른 Lock시간율/전가동시간} = (1-9) \times 10^{-6} < 1 \times 10^{-5} \dots\dots\dots(\text{식3.3})$$

이제 이 Lock시간율을 다음과 같은 조건에서 전송 품질을 나타내는 BER로 환산한다.

- Bit Error는 전부 검출할 수 있으며, 또 Bit Error는 연속해서 생기지 않는 것으로 한다.

- Bit Error가 발생하면 1프레임분만 Lock되는 것으로 한다. 이것은 Bit Error검출이 프레임 단위이기 때문이다.

- PCM전류차동계전기에서 전송속도는 64kbps로 한다. 60Hz계 : 75bit/1Frame = 1.17ms
따라서 BER은

$$\text{BER} = (1 \times 10^{-5}) / 75 = 1.1 \times 10^{-7}$$

로 되며 CR에 적용되는 전송계의 전송품질은 1×10^{-7} 이하가 요구된다. 각 계전방식에 따라 요구성능이 달라지지만 PCM전류차동방식에 대한 요구조건이 가장 엄격하므로 이를 기준으로 요구조건을 설정하여 모델링의 기준으로 사용하고자 한다. 표2에 전송회선에 요구되는 성능을 요약한다.

표2. 전송회선에 요구되는 성능

항목	요구성능	비고
회선신뢰도 목표치	1×10^{-7}	최악시의 오부동작율
전송품질(BER)	1×10^{-7}	최악시의 비트착오율
절대지연시간	4ms이하	신호단계를 포함하는시간
상하행전송지연차	$160\mu\text{s}$ 이하	2단자계통인경우의 값
변동	-'	
Jitter	$280\mu\text{s}$ 이하	
Lock신호	약 2ms이하	

*1: PCM CR의 경우 샘플링동기조정이 자동적으로 이루어지기 때문에 변동시간은 규정하지 않음

3.2 전송로 모델링 설정

1) 기존 CR의 수용형태

기존 CR은 PITR(Protective Information Tx/Rx)을 기초로 하여 구성되고 있다.

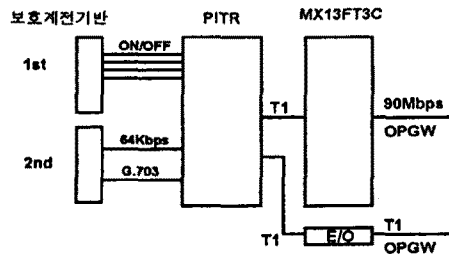


그림1. 기존 PITR 수용형태

PITR은 보호계전기반과 ON/OFF접점으로 연결되거나 보호계전기반의 통신포트와 64kbps의 전송속도로 연결되어 있다. 345kv의 경우 1st와 2nd의 2가지를 모두 가지는 형태이며 154kv는 이중 하나만으로 구성되어 있다. 또한 OPGW의 신뢰도를 고려하여

90Mbps 광다중화 단국장치를 통하여 전혀 다른 경로의 회선을 구성하기도 하고 광다중화 단국장치가 없는 경우는 전용 전광변환 전송장치를 부가하여 회선을 구성하기도 한다.

2) 모델 시스템의 설정

가) 검토대상 시스템

계약조건이 가장 엄격한 방식에 대하여 검토를 수행하면 그 결과는 다른 방식에도 적용가능하기 때문에 검토대상은 디지털 전류차동방식 계전기에 대해서만 수행한다. 디지털 전류차동방식계전기는 Pitr과 연결되어 있으며 64kbps의 전송속도로 연결되어 있는 것으로 한다. 다링크 접속은 4중계 5스팬(span)을 목표로 한다.

나) 네트워크 구성

망구성은 ATM의 특징인 VP망과 VC망의 2계층을 고려하여 각각의 교환을 행하는 VP Handler (VPH)와 VC Handler(VCH)로 구성된다. 단 이것의 구분은 논리적인 것이고 물리적으로는 1대의 ATM 스위치로 실현되는 것이 좋다. 또한 전송로는 ATM의 주요한 전송매체인 광파이버로 하고, 전력통신망의 경우에는 OPGW로 한다. 국간거리는 40km로 하여 검토한다.

다) 링크속도

국간 물리링크 속도는 광파이버 전송로에 있어서 이후 주류가 될 것으로 예상되는 SDH방식의 155-Mbps, 622Mbps, 2.5Gbps의 3종류로 한다. 가입자 링크속도는 현실적인 전송속도로서 2.048Mbps로 한다.

라) 전송계약조건

지연계약조건은 그림2에서 아래와 같이 조건을 설정한다.

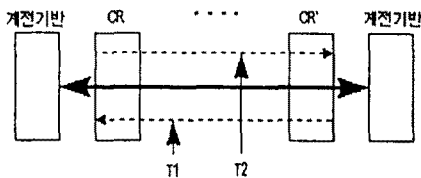


그림2. PCM 전류차동방식 CR의 지연

(1) 절대지연

$$T1 \leq 4\text{msec AND } T2 \leq 4\text{msec}$$

(2) 상하향정보 전송지연차

$$|T1 - T2| \leq 160 \mu\text{sec}$$

(3) 지연변동

지연변동의 규정인 $100 \mu\text{sec}$ 는 상하향정보 전송

지연차와 같은 의미이기 때문에 지연 변동조건은 규정하지 않는다. 다만, 장치사양상의 제약으로써 $20 \mu\text{sec}$ 가 규정되어있다.

4. 결론

보호계전기에 대한 기술적인 검토와 전력용 보호제어정보의 ATM수용에 대한 전송계약 조건에 대하여 고찰하였다. 이러한 제약조건은 매우 엄격하여 어떠한 조건하에서도 성립되어야만 하는 것으로 일반통신과 구별된다. 모델링된 시스템은 200km구간에 대하여 절대전송지연은 4ms를 설정하는 것이 타당한 것으로 검토되었다. 이러한 요구조건을 만족하는 통신망을 구성하는 방안으로는 충실한 2중화와 함께 예상되는 여러 가지 환경조건에 대한 충분한 연구가 필요하다. 전송지연요소로는 통신시스템을 구성하는 전송장치 및 OPGW 광케이블, ATM 교환기, CL-AD (Cell Assembly and Disassembly) 등 3요소로 구분되는데 앞으로 이러한 3요소에 대한 전송지연과 전송지연변동에 대한 연구를 계속해서 추진할 계획이다.

참고문헌

- [1]. 송전선용 디지털 전류차동계전장치, Lzumi Mitani
- [2]. Digital 계통보호전송장치 취급설명서, 대하전자공업(주)
- [3]. 보호계전시스템기술, 신대송
- [4]. 765kv 초고압 보호계전방식에 관한 연구, 전력연구원(KRC-92S-J08)
- [5]. 보호계전실무 I, II, 한전 서울연수원
- [6]. Digital 전송시스템 응용 실무기술, 정보기술 연구소
- [7]. Jitter in digital transmission systems, Patrick R. Trischitta, Artech House