'95 대한전기학회 하계학술대회 논문집(1995. 7. 20~22)

EMTP MODELS를 사용한 거리계전기법 구현에 관한 연구

이명희, 최해술, 서용필, 김철환

성균관대학교 공과대학 전기공학과

A Study on the Implementation of Distance Relaying Techniques using EMTP MODELS

Myong-Hee Lee, Hae-Sul Choi, Yong-Pil Seo, Chul-Hwan Kim

Dept. of Electrical Engineering, Sung Kyun Kwan Univ.

Abstract

This paper presents a new distance relay modeling techniques which avoids unnecessary computational procedure.

A general-purpose simulation language, called MODELS, has been added to the software ATP(Alternative Transients Program) providing a new option to perform numerical and logical manipulations of variables of an electrical system. This language has been designed to replace the previous option TACS(Transient Analysis of Control Systems) which permits to simulate a control system in conjunction with a large power network.

One purpose of this study is to build a structure for modeling of digital distance relays within EMTP MODELS. Contrary to the traditional methods, the new method using MODELS reduce the number of simulation steps in modeling the distance relay.

1. 서론

전력계통설비가 고도로 복잡화되어 감에 따라 신뢰성 있는 운용이 점점 더 어려워지고 있는 실정이다. 따라서, 다른 획기적인 운용방법이 개발되지 않는 한 신뢰성이라는 측면은 앞으로의 전력설비 운용에 있어 점점 더 중요한 문제로 대두될 것임을 쉽게 예측할 수 있다.

이중에서도 특히 전지역에 걸쳐 널리 복잡하게 퍼져있는 송전선에 대한 신뢰성의 확보는 상당히 중요하다. 왜냐하면, 송전선에 고장이 발생할 경우 고장발생지점 뿐만 아니라 고장지점에 연결된 모든 선로에도 고장효과가 파급되므로 그 영향은 상당히 심각해진다. 따라서 고장시 고장구간을 정확히 추정, 차단하는 것은 상당히 중요하며 실제로 이러한 과정이 정확히 수행될 때만이 선로에 대한 신뢰성이 확보되는 것이다.

따라서, 오래전부터 송전선로의 고장구간을 추정, 차단하기 위한 여러가지 거리계전기법이 개발되어 왔으며 이를 구현하기 위한 보호알고리즘 또한 계속적으로 발전해 왔다. 이들 대부분의 알고리즘들은 실제로 적용되기 전에 먼저 컴퓨터 상에서의 시뮬레이션 과정을 거치게 된다. 이 시뮬레이션 과정은, EMTP(electro magnetic transients program)를 통해 고장 데이타를 얻은 후 다시 이 데이타를 적절히 처리하여, 계전기법을 컴퓨터 언어로 구현한 응용 프로그램에 적용시켜 결과를 얻게 된다. 이러한 과정은 최종 결과를 얻기위해서 각각의 과정들이 서로 구분되어 수행되어지고 중간결과들을 다시 적절하게 처리를 해 주어야 하기 때문에 상당히 번거롭기까지 하다. 따라서 이들 과정을 통합하여 한번에 처리할 수 있다면 중간 결과들을 재처리하는 데 소요되는 시간과 노력을 상당히 줄일 수 있을 것이다. 이와 관련된 연구로 A.K.S Chaudhary, A.G.Phadke 등은 EMTP EPRI/DCG version 3.0 에서 FORTRAN 서브루틴을 이용하여 릴레이 모델을 구현하였으나 특정 version에서만 사용 가능하고 보편적인 사용문법이 없다는 것이 단점으로 지적된다[1]-[5].

그러므로 본 논문에서는 EMTP MODELS를 사용하여 거리계전기법에 사용되는 보호알고리즘의 전체 모의과정을 EMTP 환일내에서 직접 처리할 수 있도록 함으로써 모의과정의 축소는 물론 보호알고리즘의 개발을 더욱 용이하게 할 수 있는 새로운 거리계전기법 구현방식을 제시하였다.

2. MODELS의 특징과 구조

MODELS는 전자과도현상 해석 프로그램 EMTP에 최근에 구현된 범용 기호언어(symbolic language)이다. MODELS는 EMTP code에 의해 표시된 전력계통을 관측하거나 제어하는 새로운 접근방법을 제공할 뿐만 아니라, 변수들의 수치연산, 논리연산을 수행하는데 커다란 유연성(flexibility)을 제공한다. 또한 기존 TACS(transient analysis of control system)의 제약요소를 보완한 routine이다[3]-[5].

MODELS는 전기계 변수들의 수치연산 및 논리연산을 위한 새로운 방법을 제공하며 이 언어의 문법은 블럭(block) 접근방법을 사용하여 전기계의 물리적인 구현을 반영시키거나, 또는 기능적인 구조를 직접적으로 기술하는 방법을 사용하여 전기계의 동작을 기술함으로써 대상 시스템의 표현을 가능하게 한다. MODELS의 특징을 간략히 살펴보면 다음과 같다.

(a) 기술하고자 하는 모델의 표현과 표현된 모델의 사용사이의 구별.
: MODELS를 사용하여 어떤 모델을 표현하는 것과 표현된 모델을 사용하기 위한 명령을 구별하여 기술할 수 있다.

(b) 대규모 모델의 계층적인 표현을 통한 소규모 submodel들로의 분해.
: 대규모 모델의 소규모 submodel들로의 분해는 작업을 보다 쉽게 하며, 모델의 복잡성을 감소시킨다. 또한 주 모델에 영향을 미치지 않고도 각 submodel의 수정이 가능하며 기존에 개발된 알고리즘이나 모델들이 이용가능 하다.

(C) self-documenting 기능
: 이 기능은 기술된 모델을 사용자가 보다 쉽게 이해하고 사용할 수 있도록 해주며 따라서 잘 정리된 문서는 reference document로도 이용 가능하다.

또한, MODELS는 TACS에서는 구현 불가능한 다음과 같은 기능들을 추가함으로써 커다란 유연성을 제공하였다.

(1) 반복기능
FOR ... DO ... ENDFOR 문

(2) 조건부 분기기능
IF 문
(3) 조건부 반복기능
WHILE ... ENDWHILE 문
(4) 암시적 반복기능
DO ... ENDDO 문
(5) 사용자 정의 함수

MODELS는 그림 1과 같이 EMTP나, 혹은 일반 컴퓨터 언어의 함수와 같이 자신의 내부루틴과의 상호 인터페이스가 가능하므로 이를 사용하면 복정한 응용분야의 시뮬레이션, 전력시스템과 제어 시스템의 시뮬레이션 및 전력전자등의 시뮬레이션에 유연성을 제공함으로써 EMTP내에서 원하는 결과를 직접 얻을 수 있는 장점이 있다.

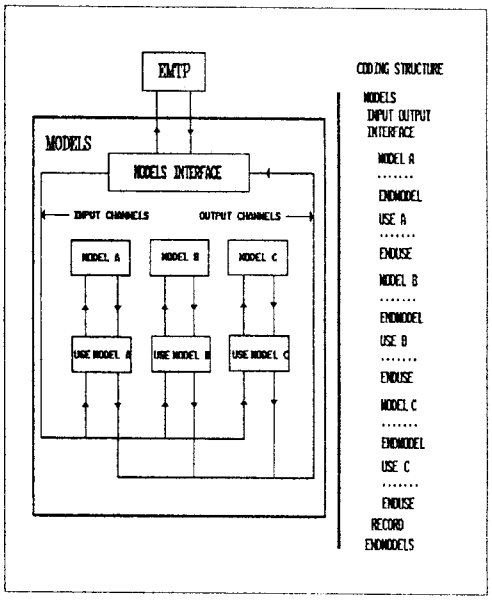

그림 1 MODELS의 구조
Fig. 1 Structure of MODELS

3. MODELS를 사용한 거리계전 알고리즘의 구현

3.1 디지탈 거리계전 기법

디지탈 거리계전기는 마이크로 프로세서의 발달과 더불어 활발한 연구가 진행되었는데, 종래의 아날로그형 계전기에 비해 수치연산의 고속실행, 자기진단, 이상감시기능 및 제어장비와의 연계등 여러측면에서 우수한 장점을 가지고 있다.

마이크로프로세서를 이용한 송전선보호의 여러 계전방식 중, 거리계전방식(distance relaying scheme)은 고속도 동작이 가능하고 또 계통전원용량의 변동에 따른 영향이 적어서 적용이 용이하므로, 중요 송전선로보호에 쓰이는 방식이다. 거리계전방식은 CT, PT를 통한 순시 전압, 전류치를 이용해서 임피던스를 구해내고 이의 수렴여부를 판정하여 이에 따르는 가공선로 상의 고장점까지의 거리를 추정하는 방법으로, 고장점에 대한 거리를 계산하기 위해 단지 국부적인 전기량만을 사용하기 때문에 송전선로 보호분야의 가장 활발한 연구분야로서, 이에 관한 많은 알고리즘이 제시되어 왔다. 여러 알고리즘 중에서도 계통신호의 기본파성분을 이용하는 방법이 가장 널리 연구되어지고 있으며, 따라서 기본파성분을 빠르고 정확하게 추출하는 것이 중요하다.

일반적으로 사고시 과도 상태의 전압, 전류파형은 고조파성분과 직류성분(DC-offset)을 포함하는 왜곡된 신호로 이루어져 있다. 따라서 이들 왜곡된 신호로부터 전압, 전류의 기본파성분을 추출하기 위해서는 디지탈 신호처리 기법에 의한 여러가지 디지탈 필터링 기법이 이용된다. 일반적인 거리계전기법을 모의하기 위한 흐름도는 그림 2와 같다.

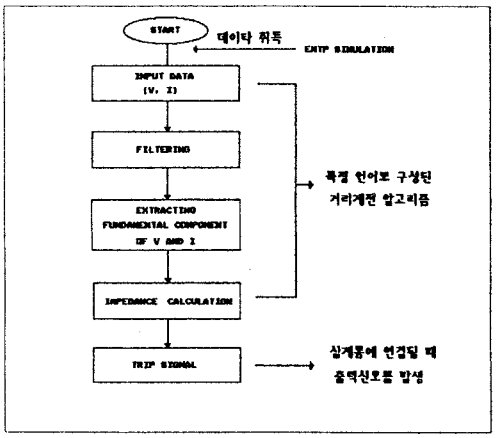

그림 2 일반적인 거리계전기법을 모의하기 위한 흐름도
Fig. 2 Flowchart for modeling of distance relaying scheme

3.2 MODELS를 사용한 거리계전 기법의 표현

MODELS 구문을 이용하여 거리계전기법을 구현하기 위한 기본적인 EMTP의 화일 구조는 그림 3과 같다.

BEGIN NEW DATA CASE	BEGIN NEW DATA CASE
Miscellaneous data cards	Miscellaneous data cards
MODELS	MODELS
input ——> EMTP cards와 MODELS	input
output 간의 입출력 지정	output
MODEL A	$INCLUDE A
..... ——> 알고리즘 A	USE A as A
ENDMODEL	.....
USE A as A	ENDUSE
..... ——> MODEL A의 사용	
ENDUSE	$INCLUDE B
	USE B as B
MODEL B	.....
.... ——> 알고리즘 B	ENDUSE
ENDMODEL	.
USE B as B	.
..... ——> MODEL B의 사용	.
ENDUSE	RECORD
.	
.	ENDMODELS
.	EMTP cards
RECORD ..... ——> 길과 데이터 출력	BEGIN NEW DATA CASE
.....	
ENDMODELS	
EMTP cards	
BEGIN NEW DATA CASE	

그림 3 거리계전기법을 구현하기 위한 EMTP-MODELS의 기본 화일구조
Fig. 3 File structure of EMTP-MODELS for distance relaying scheme

그림 3과 같이 거리계전에 포함되는 여러 단계들을 MODEL ... ENDMODEL 구문을 이용하여 독립적인 모델들로 표현할 수 있고, 이들 모델들간의 데이터의 입출력 또한 가능하다.

이렇게 표현된 모델들은 다른 상황의 시뮬레이션에서도 수정없이 사용 가능하다. 예를 들면 거리계전기법에 필요한 필터링 부분이나 샘플링 부분을 하나의 모델로 구현하여 독립적으로 혹은 함께 사용함으로써 프로그램에 상당한 유연성을 제공한다.

또한 MODEL ... ENDMODEL 부분은 따로 개별적인 화일로 만들어 그림 3의 오른쪽과 같이 주 화일의 필요한 부분에서 호출하여 사용함으로써 나타내고자 하는 대상을 구조적이고 간략하게 표현할 수 도 있다.

4. 시뮬레이션 결과 및 검토

EMTP MODELS를 이용한 시뮬레이션의 타당성을 검토하기 위해 실제로 EMTP MODELS를 사용하여 간단한 고장을 발생시키고 dc-offset과 고조파의 제거를 모의하여 보았다. 모의시 EMTP와의 인터페이스는 하지 않고 MODELS 자체내에서 고장을 발생시키고 dc-offset과 고조파를 제거하기 위한 과정만을 시뮬레이션 하였다.

고장은 1선 지락고장을 발생시켰으며 그 결과 파형은 아래 그림 4, 그림 5와 같다.

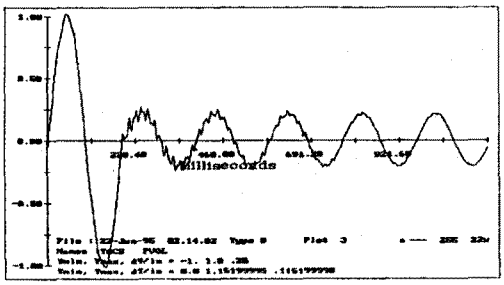

그림 4 MODELS를 이용하여 발생시킨 1선 지락고장의 전압파형

Fig. 4 Volatge waveform of a single line-to-ground fault generated by using MODEL

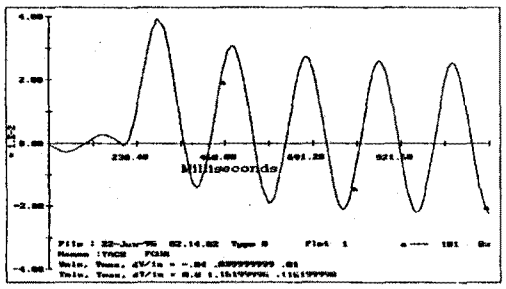

그림 5 MODELS를 이용하여 발생시킨 1선 지락고장의 전류파형

Fig. 5 Current waveform of single line-to-ground fault generated by using MODELS

위의 그림 4와 그림 5에서 보는바와 같이 각 파형에 고조파와 dc-offset 성분이 있음을 관찰할 수 있다. 따라서, 그림4, 그림5의 파형에 포함된 고조파와 dc-offset 성분을 제거하기 위해, RC-filter를 MODELS내에 작성하여 수행시킨 결과 다음 그림 6, 그림 7과 같은 결과를 얻었다.

그림 6과 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 전압, 전류의 고조파성분과 dc-offset 성분이 상당히 감소된 것을 알 수 있다. 또한, 시뮬레이션 결과에 나타낸 바와 같이 MODELS를 사용하여도 다른 언어로 작성된 루틴과 거의 유사한 결과를 얻을 수 있다. 현재까지의 시뮬레이션에서는 거리계전 알고리즘 모의의 최종결과라 할 수 있는 고장점추정까지는 모의하지 않았으나 지금까지의 연구결과로 미루어 볼 때 타당한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

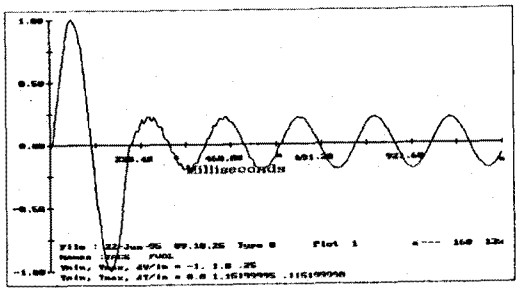

그림 6 고조파가 제거된 전압파형

Fig. 6 Voltage waveform removed harmonic component

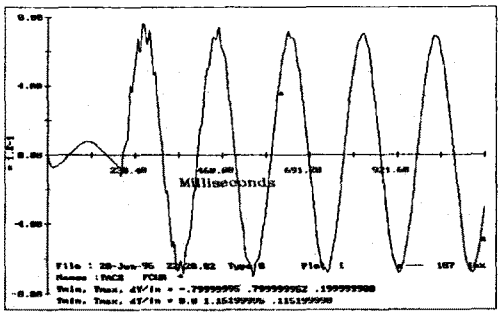

그림 7 dc-offset 이 제거된 전류파형

Fig. 7 Current waveform removed dc-offset

5. 결론

본 연구에서는 EMTP MODELS의 특성을 이용한 거리계전 알고리즘 모의의 새로운 접근방식과 타당성을 제시하였다. 시뮬레이션 결과에서 알수 있는 바와 같이 EMTP MODELS를 사용한 거리계전 알고리즘의 모의는 일반적인 컴퓨터 언어로 모의한 결과와 유사하게 나왔다. 따라서 EMTP MODELS를 사용하여 거리계전 알고리즘을 구현한다면 EMTP 화일 자체 즉, EMTP 시뮬레이션만 으로도 최종결과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 거리계전 알고리즘의 수정, 개선이 용이하다.

본 연구에서 제시한 시뮬레이션은 EMTP와의 인터페이스를 고려하지 않고 MODELS 자체내에서 모든 과정을 처리하였으나, 이후 EMTP와의 인터페이스를 고려하여 다양한 고장모의와 보호 알고리즘에 필요한 여러가지 루틴들을 구현하여 연구를 진행해 나갈 예정이다.

6. 참고문헌

[1] Arvind K. S. Chaudhary, Arun G. Phadke, "Protection System Representation in the Electromagnetic Transients Program", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 9, No. 2, pp. 700-711, April, 1994.

[2] Robert E. Wilson, Jerry M. Nordstorm, "EMTP Transient Modeling of a Distance Relay and a Comparision with EMTP Laboratory Testing", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 8, No. 3, pp. 984-992, July, 1993.

[3] Gabor Furst, "MODELS PRIMER"(Version No.1), 1995.

[4] Laurent Dube, "MODELS RULE BOOK" (New Version July 1994).

[5] 김철환, "MODELS를 사용한 EMTP의 효율적 이용", 전기설비, Vol. 12, No. 2, pp.22-30, 1995.