

## Autonomous Adaptive Digital Over Current Relay

尹 峻 碩\* · 崔 勉 松\*\* · 李 承 宰\*\* · 玄 承 虎\*\*

(Jun-Seok Yun · Myeon-Song Choi · Seung-Jae Lee · Seung-Ho Hyun)

**Abstract** - In this paper present Autonomous Adaptive Digital Over Current Relay for distribution networks which acts autonomous setting using the short circuit impedance measured by relay of power systems. Automation of relay setting is one of the basic requirements for distribution automation, although manual relay setting is used at present. The short circuit impedance from a power source in distribution networks essential for the Autonomous Relay Setting changes frequently in distribution networks. In this paper the short circuit impedance is calculated with voltage and current measured in real time operation of digital relay using the Recursive Least Squares. A new method of digital relay setting is introduced using the the short circuit impedance and load current.

**Key Words** : Autonomous adaptive setting, Digital Over Current Relay, Recursive Least Squares.

### 1. 서 론

현재 사회전반에 걸쳐 전기에너지에 대한 의존도가 높아 지고 정보화사회가 고도화됨에 따라 전력의 안정적 공급과 질적 향상에 대한 요구는 급증하고 있다. 또한 전력계통에는 수많은 발·변전 및 송배전 설비가 서로 복잡하게 연계되어 있기 때문에 고장 발생시 신속하게 보호계전기가 고장구간을 계통으로부터 분리시키지 않으면 전력설비는 크게 손상될 뿐만 아니라 고장이 인접구간으로 파급되어 사고의 범위는 확대되어 간다[1]. 따라서 계통 보호 및 안정도 확보가 절대적으로 필요하며 보호계전기의 중요성은 더욱 증대되고 있다.

전력계통은 고장발생으로 인한 구간절체 및 복구, 기기나 설비의 점검 등으로 인해 종종 변경되어 질 수 있으며 특히 배전계통은 계통변경이 빈번하다. 이와 같은 계통변경시 적절한 보호를 위하여 변화된 계통에 맞게 보호계전기의 정정값을 바꾸어 줄 필요가 있다. 그러나 정정업무는 상당히 어려운 작업중의 하나이므로 현재는 정정전문가에 의해서 수작업으로 이루어지고 있어 빈번한 계통변화에 실시간으로 대응하기란 사실상 불가능하다. 그래서 보호계전기에서 고장을 검출하는 감도를 가능한 낮게 취하고 있어 고감도의 고장검출이 어렵다. 본 논문에서는 보호계전기중에서 가장 기초적이면서도 배전계통에 일반적으로 사용되는 과전류계전기에 자율적응성을 부여하여 계통변화에 스스로

정정값을 변경하는 새로운 타입의 자율적응형 과전류 계전기를 제안한다. 과전류 보호계전기의 동작임무는 부하전류와 고장전류를 판정하고 고장시에 주위 보호계전기와 협조를 이루며 가능한 빨리 고장을 제거하는 것이다. 본 논문에서는 부하전류를 관찰하여 최대 부하전류를 구하고 보호계전기에서 측정한 전압과 전류로 전원단으로부터 단락임피던스를 계산하여 최소고장전류를 구하여 스스로 과전류계전기를 정정하는 방법을 제안하였다. 이를 위하여 계통의 변화에 따른 최대부하와 단락임피던스의 변화를 반복 최소자승법(Recursive Least Squares : RLS)을[2] 통하여 실시간으로 구하고 이를 이용한 고장계산을 통하여 정정에 필요한 요소를 구하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1. 과전류 계전기(OCR)의 기본 보호방식

과전류 계전기에 의한 보호방식은 송배전선의 보호 계전 방식 중에서도 가장 기본적인 방식이고 간단하며, 경제적인 이점을 가지고 있다. 현재 주보호로서는 비교적 저압의 방사성 송배전선이나 변전소의 소내회로 보호에 한하며 일반적으로는 후비보호로서 사용되고 있다.

기본원리는 송배전선에 사고발생시 상시 부하전류보다 큰 사고전류가 흐르는 것을 검출해서 큰 사고전류에 빨리 동작하도록 사고전류에 반비례하는 시간에 차단신호를 내도록 동작하는 것이다. 즉 최대부하전류보다 크고 최소고장전류보다 작은 값을 보호계전기의 동작 임계값인 픽업전류로 설정하고 이 이상의 전류가 계통에 흐르면 사고로 판단하여 주위 보호계전기와 시간협조를 이루어 동작하는 것이다. 아래의 그림은 협조를 이루는 일반적인 과전류 계전기 보호방식을 보여주고 있다.[3]

\* 準 會 員 : 明知大學 電氣工學科 碩士課程

\*\* 正 會 員 : 明知大學 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2002年 8月 9日

最終完了 : 2003年 6月 16日

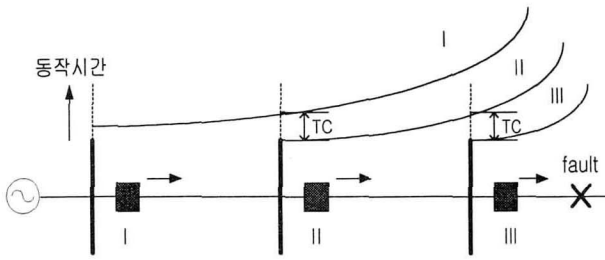


그림 1 과전류 계전기의 보호

Fig. 1 Protection of Over Current Relay

그림에서 과전류계전기(II)의 보호구간인 전원단에서 두 번째 선로구간에서 고장이 일어나면 과전류계전기 (II)가 그림의 그래프로 주어진 동작특성곡선에 따른 동작시간에 동작하여 주보호를 한다. 만약 이 계전기가 고장으로 부동작하면 과전류계전기 (I)이 동작협조시간 (TC) 후에 동작하므로써 후비보호를 하여 협조를 이룬다. 이렇게 과전류계전기에 의한 보호는 자기단 고장에 대해서는 최대로 빨리 동작하고 후비보호를 위하여 협조시간(TC)을 두어 그 동작시간에 따라서 사고 범위를 선택차단 하도록 일반적으로 반한시 특성을 갖는다.

## 2.2. 과전류 계전기의 일반적인 정정

과전류 차단 보호계전방식은 통상 자구간의 주보호와 동시에 인접 구간에 후비보호를 겸하는 까닭으로 인접 구간의 계전기와 협조에 대해서 충분히 고려하지 않으면 안 된다. 그래서 정정은 두가지로 나누어 생각할 수 있다.[3]

### 2.2.1 픽업전류의 정정

보호계전기 동작 임계값인 픽업전류는 자구간의 사고는 물론 인접구간의 후비보호까지도 완전하게 할 수 있어야 한다. 픽업전류는 탭(Tap)으로 결정되는데 오동작을 피하고 감도를 높이기 위해선 최대 부하전류보다는 커야 하고 최소 고장전류보다는 작아야 한다. 보통 최대부하의 125~150%로 정하며 최소 고장전류는 OCR의 종류에 따라 2선 단락이나 1선지락 사고를 상정하여 계산한다.[3]

### 2.2.2 동작시간의 정정

탭에 의한 픽업전류의 정정이 끝나면 인접구간의 OCR간에 협조를 이루기 위하여 Time dial(또는 Time lever)로 동작시간을 결정한다. 보호계전기는 자구간 고장에서는 최대한 빨리 동작해야 하고 인접구간에 대해선 협조시간을 가져야 한다. 협조시간은 보통 0.4~0.5S 로 본다.[4]

## 2.3. 계통변경에 따른 과전류계전기의 재정정 필요성

전력계통은 부하 절체 및 복구 그리고 기기나 설비의 점검 등으로 인해 종종 변경되어 질 수 있으며 특히 배전계통은 계통구성 변경이 빈번하다. 그림2의 계통구성은 실제

계통과는 다소 차이가 있지만 배전계통의 변경 예로서 과전류계전기 E와 F의 재정정의 필요성을 보여준다. 계통의 초기 상태는 C와 G계전기쪽 차단기가 개방상태로서 변전소1에서 부하1로 전력이 공급된다. 따라서 계전기 E와 F의 픽업전류를 구하기 위한 단락임피던스는 각각 변전소1의 앞쪽 계통을 포함하여 계전기 설치점까지의 선로임피던스를 포함한 값이 된다. 다음으로 A쪽 차단기가 배전계통의 고장 수리등의 이유로 개방이 되고 C쪽 차단기가 닫히면 이번엔 변전소2에서 부하1로 전력이 공급된다. 따라서 계전기 B, E와 F의 단락임피던스는 바뀌게 된다. 또한 G쪽 차단기의 투입 및 개방에 따라 부하의 변동 또한 항상 유동적일 수 있다.

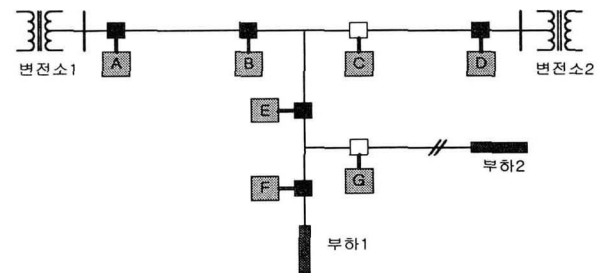


그림 2 간단한 배전계통

Fig. 2 Example of Simple Distribution Network

여기서 적절한 보호를 위하여 가변적으로 변할 수 있는 계통의 상황에 대하여 정정값에 영향을 받는 모든 계전기는 유동적으로 계전기의 정정값을 변경할 필요가 있다. 그러나 현재는 이렇게 계통변경이 일어나더라도 보호기기의 재정정은 이루어지고 있지 않는 실정이며 그 방법이 연구 중이다. 또한 비록 계통의 변화가 심하지 않거나 잦지 않더라도 계통의 변화에 적응적인 정정값을 취함으로써 계통 고장 시에 민감하게 대처할 수 있다. 본 논문에서는 이런 취지에 따라 계통 변화를 고려한 자율 적응형 과전류 계전기를 제안하려 한다.

## 2.4. 계통변경에 따른 과전류계전기의 재정정 필요성

현재 개발되는 과전류계전기는 대부분 디지털 과전류계전기로서 그 동작임무는 과거의 기계식 과전류계전기와 동일하나 동작특성을 결정하는 정정방법에 있어서는 기계식 계전기보다 훨씬 더 유연한 점이 있다. 즉 기계식 과전류계전기의 동작특성곡선의 기울기는 이미 주어져 있거나 혹은 여러개의 주어진 특성곡선에서 탭과 Time dial을 결정하면 동작특성곡선의 위치가 결정되는 정정 방식이었는데 현재 일부 국외의 디지털 과전류계전기는 이런 정정방식뿐만 아니라 직접 동작특성곡선의 일부 점들을 결정하면 이 점들을 연결하는 직선들로 동작특성곡선을 스스로 생성하는 방식도 제공하고 있다. 본 논문에서 제안하는 자율 적응형 과전류계전기는 일반적인 과전류계전기의 동작임무인 사고전류와 부하전류를 판정하여 사고시에 최대한 빨리 고장구간을 제거하며 주위 보호계전기와 동작협조를 이루는 것을 만족하도록 디지털 과전류계전기의 장점인 동작특성곡선을

스스로 생성하는 방식을 이용하는 자율 정정방법을 이용하였다. 이 정정방식은 자구간에서 구할 수 있는 실시간 데이터로 보호계전기의 동작임무를 만족하는 정정값을 계산하여 스스로 정정값을 변경하는 것이다. 우선 픽업전류는 최대부하전류보다 크고 최소고장전류보다 작은 값이며 일반적으로 최소고장전류는 최대부하보다 훨씬 큰 전류이므로 감도를 최대한 높게하기 위하여 본 논문에서는 계전기 측정전류의 일정 샘플링값의 평균으로 구한 정상부하의 200%를 최대부하로 보고 픽업전류를 이 값으로 정하였다. 이는 현재 한전에서 일반적으로 정정하는 방법을 참고로 한 값이다. 다음으로 최대고장전류는 자구간의 시작점에서 3상단락 사고를 상정하여 구한다. 그리고 다음단과 협조를 이루기 위하여 다음단 최대고장전류는 다음단 시작점에서 상단락 사고를 상정하여 구한다. 그리고 강반한시 특성을 위하여 특정한 한 점을 일정 비율로 정하여 선택하면 총 4개의 전류측 점을 얻을 수 있다. 그리고 이 점들의 동작시간값을 구하기 위하여 후비보호 및 협조조건을 만족하도록 자구간 최대고장전류에 대하여 0.5S, 다음 단 최대고장전류에 대해서는 협조시간(TC)0.5S로 정하였다. 여기서 픽업전류의 동작시간은 일반적으로 무한대의 시간을 가지나 본 논문에서는 자구간 최대고장전류에 대한 동작시간의 100배로 정하여 강반한시 특성을 고려하였다. 그림3는 제안한 계전기의 동작특성곡선의 나타내고 있다.

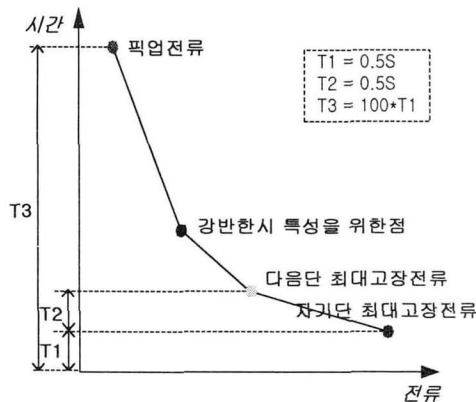


그림 3 제안된 OCR의 정정곡선  
Fig. 3 Setting Curve in Proposed OCR

이와 같은 동작특성을 갖는 디지털 과전류계전기는 픽업전류와 최대고장전류만 알면 정정할 수 있는데 최대고장전류값을 구하기 위해서는 전류측 단락임피던스를 알아야만 한다. 어떤 점의 단락임피던스는 그 점에서 단락사고가 일어났을 때 얼마만한 사고전류가 흐르는가를 계산하기 위하여 필요한 값이다. 그림4에서 보호계전기의 정정에 필요한 값은 보호계전기 설치점에서 사고가 일어났을 때 흐르는 고장전류이다. 이 고장전류를 구하기 위한 보호계전기에서 본 전류측 단락임피던스를 구하는 방법은 보호계전기에서 측정된 전압과 전류가 테브난 등가임피던스와 테브난 등가전원에 대한 다음 식을 만족하므로 이를 추정할 수 있다[5-9].

$$\overline{V}_n = \overline{E} - \overline{Z}_s \overline{I}_n \quad (1)$$

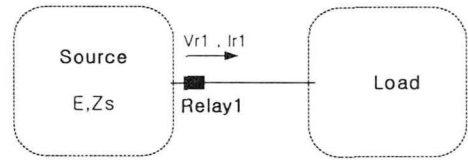


그림 4 계전기에서 바라본 등가 전력계통  
Fig. 4 Equivalent Power Systems In Relay Side.

식(1)의 변수들을  $\overline{E} = E_r + jE_i$ ,  $\overline{Z}_s = R + jX$ ,  $\overline{V}_n = V_m + jV_{n1}$ ,  $\overline{I}_n = I_m + jI_{n1}$ 의 복소수 형태로 놓으면 식 (1)은 다음과 같은 형태로 표현된다[10].

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -V_m & V_{n1} \\ 0 & 1 & -V_{n1} & -V_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_r \\ E_i \\ R \\ X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_m \\ I_{n1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

보호계전기 설치점에서 측정된 전압 전류로부터 위 식을 풀어 테브난 등가임피던스와 테브난 등가전원을 구하기 위하여는 적절한 알고리즘이 필요한데 여기서는 파라미터 추정에 일반적으로 널리 사용되고 성능이 우수한 RLS알고리즘을 사용하였다.

## 2.5. RLS(Recursive Least Squares) 알고리즘

측정값으로부터 미지값을 알아내는 일반적인 최소자승법의 문제에서  $\hat{y}$ 는 “the computed variable”로서 아래의 모델로 주어진다.[2]

$$\hat{y} = \theta_1 \varphi_1(x) + \theta_2 \varphi_2(x) + \dots + \theta_n \varphi_n(x) \quad (3)$$

여기서,  $\varphi_i$ : 측정값 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$\theta_i$ : 미지 파라미터 ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$y$ 는 측정값이다.

여기서 미지 파라미터는 계산값과 측정값의 최소자승 오차인 다음과 같이 주어지는 목적함수(loss function)  $J(\theta)$ 를 최소로 하는 값이다. [2]

$$J(\theta) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \epsilon_i^2 \quad (4)$$

$$\epsilon_i = y - \hat{y} \quad (5)$$

그리고 간단한 표현을 위하여 다음과 같은 vector notations를 사용하였을 때 결과는 다음 식 (6)과 같다.

$$\varphi = [\varphi_1 \quad \varphi_2 \quad \dots \quad \varphi_n]^T$$

$$\theta = [\theta_1 \quad \theta_2 \quad \dots \quad \theta_n]^T$$

$$y = [y_1 \quad y_2 \quad \dots \quad y_n]^T$$

$$\epsilon = [\epsilon_1 \quad \epsilon_2 \quad \dots \quad \epsilon_n]^T$$

$$\Phi = \begin{pmatrix} \varphi^T(x_1) \\ \vdots \\ \varphi^T(x_n) \end{pmatrix}$$

$$\theta = \hat{\theta} = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T y \quad (6)$$

그리고 위의 알고리즘을 실시간에 이용하기 위하여 Recursive 알고리즘을 이용하면 반복적인 같은 연산을 줄일 수가 있다. 이 알고리즘은 지수함수를 가진 다음과 같은 목적함수를 사용한다.

$$J(\theta) = \sum_{k=1}^N \lambda^{N-k} [y(k) - \varphi^T(k) \theta]^2 \quad (7)$$

여기서  $\lambda$ 는 “forgetting factor”이며 1보다는 작으며 새로운 데이터가 들어올 때 오래된 데이터의 영향을 줄여준다. RLS알고리즘의 결과 식은 다음과 같이 표현된다.[2]

$$\hat{\theta}(N+1) = \hat{\theta}(N) + K(N) [y_{n+1} - \varphi^T(N+1) \hat{\theta}(N)] \quad (8)$$

$$K(N) = P(N+1) \varphi(N+1) \quad (9)$$

$$= P(N) \varphi(N+1) [\lambda + \varphi^T(N+1) P(N) \varphi(N+1)]^{-1}$$

$$P(N+1) = [I - K(N) \varphi^T(N+1)] P(N) / \lambda \quad (10)$$

위 식에서  $P(N) = [P_0^{-1} + \Phi^T(N) \Phi(N)]^{-1}$  이고  $P_0$ 는 초기치로 매우 큰 값을 갖는  $\alpha$ (covariance initial value)에 의해서  $\alpha \cdot I$  로 정해진다. 여기서  $\hat{\theta}(N) = P(N) [\Phi^T(N) + P(0)^{-1} \hat{\theta}(0)]$  이고 벡터  $\theta$ 의 초기치는 알고 있는 값이나 임의로 정할 수 있다[11].

식(2)에서 테브난 등가전원과 등가임피던스 값  $E_r, E_i, R, X$ 는 우리가 찾으려 하는 파라미터로  $\hat{\theta}$  이며  $V_m, V_{nl}$ 는  $\Phi$ 이다. 그리고  $I_m, I_{nl}$ 는  $y$ 가 된다.

### 3. 사례 연구

본 사례연구에서는 전력계통이 수시로 변할 때 단락임피던스만 구할 수 있으면 고장계산을 통하여 계전기 정정요소를 구할 수 있고 계전기 스스로가 자율적으로 정정할 수 있다는 취지에 따라 먼저 RLS알고리즘을 통하여 단락임피던스를 구하고 고장계산을 한다. 단 여기서 구한 단락임피던스는 영상분을 고려하지 않은 정상분이다. 그리고 이 방법에서는 보호계전기가 고감도로 정정 되기 때문에 계통변경 순간에는 사고 오인으로 인한 오동작 가능성이 있는데 이는 여기서는 고려하지 않았으며 추후 배전자동화에서 계통변경시에 보호계전기가 계통변경순간의 어떤 기간에는 일정 신호를 받아 픽업전류를 높여준다면 이 문제는 쉽게 해결되리라 생각한다. 사례연구 대상 계통은 계통변경시에 재정정 대상이 되는 계전기의 앞단을 간단한 등가회로로 모델링한 그림 5의 배전계통이다. 그림에서 계전기 앞단의 등가회로는 하나의 등가 전압원과 임피던스로 나타내어 진다.

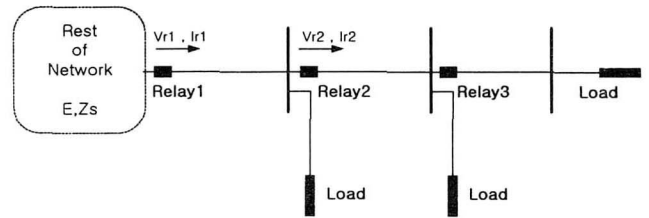


그림 5 계전기에서 바라본 간단한 전력계통  
Fig. 5 Simple Power System in Relay Side

이 수식을 RLS알고리즘에 적용하여 파라미터 계통 등가전압 ( $E$ )와 단락임피던스 ( $Z_s$ )를 추정하게 된다. 사례연구에서  $V_r, E, Z_s$ 의 실제값은 계통변화에 따라 값을 변경하였으며 식 (1)에 따라 구해진 계전기 측정전류  $I_r$ 값으로 계통을 구성하였다. 그리고  $V_r$ 과  $I_r$ 값만으로 RLS알고리즘을 이용하여 최대고장전류 계산에 필요한 파라미터  $Z_s$ 를 추정하여 실제 값과 비교하였다. Matlab을[12] 사용하여 구현하였으며 실제보다 훨씬 빠른 계통변경의 경우로써 2초 동안에 5번의 계통변화를 주는 걸로 하였으며 1사이클당 32샘플링을 하였다.

표 1 시뮬레이션 데이터

Table 1 Simulation Data

배전전압	22.9[KV]	$\lambda$ (forgetting factor)	0.98
초기 단락임피던스	RELAY1=3+j7	시뮬레이션 시간	2[sec]
	RELAY2=3.6+j11		
	RELAY3=4.1+j15		
초기 계통등가전압	24000	샘플링 주파수	1920[Hz]
계전기1 설치단 선로임피던스	0.6+j4	계전기2 설치단 선로임피던스	0.5+j4
사례 계통 구성 E(오차)=±3%			
파라미터 시간[sec]	E1,2,3 [V]	Vr1,2,3 [V]	Zs1,2,3 [Ω]
0~0.4	23506+j410.29	22813+j1995.9+E	3.0 + j7.0
	23271+j406.19	22360+j1956.3+E	3.6 + j11.0
	23041+j402.11	22013+j1927.1+E	4.1 + j15.0
0.4~0.8	23384+j408.17	22585+j1975.9+E	2.4 + j5.6
	23088+j403.01	22388+j1958.7+E	3.0 + j9.6
	22802+j399.56	22106+j1942.8+E	3.5 + j13.6
0.8~1.2	23262+j406.04	22373+j1760.8+E	1.8 + j4.2
	22908+j399.85	22421+j1764.6+E	2.4 + j8.2
	22554+j393.66	22453+j1772.2+E	2.9 + j12.2
1.2~1.6	23323+j407.10	22481+j1848.2+E	2.1 + j4.9
	22998+j401.43	21964+j1805.7+E	2.7 + j8.9
	22675+j396.12	21523+j1788.3+E	3.2 + j12.9
1.6~2	23445+j409.23	22702+j1946.3+E	2.7 + j6.3
	23179+j404.60	21904+j1877.9+E	3.3 + j10.3
	22915+j400.02	21325+j1802.2+E	3.8 + j14.3

위의 표는 사례 계통중 계전기1,2,3의 시뮬레이션의 데이터를 보여주고 있다. 여기서 계전기 측정전압  $V_r$ 은 난수를 발생하여 ±3%이내의 측정오차(E)를 포함시켰다. 계전기 2의 단락임피던스는 계전기1의 단락임피던스에 자구간 선로의 임피던스를 더한 값이며 RLS 알고리즘 적용시 추정된 정상분의 단락임피던스는 아래의 그림6과 같았다.

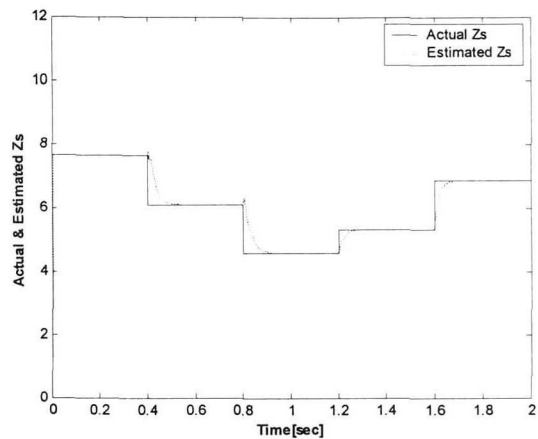


그림 6 계통변화에 따른 계전기1 단락임피던스 추정  
Fig. 6 Estimation of the Short Impedance of the Relay1

그림6은 RLS알고리즘을 통한 계전기1의 실제 단락임피던스의 크기와 추정된 단락임피던스의 크기를 보여주고 있는데 추정된 단락임피던스는 실제 단락임피던스와 10 사이클 이내에서 수렴하는 것을 보였다. 여기서 forgetting factor( $\lambda$ )의 크기에 따라서 수렴속도와 오차의 크기에 장단점이 달라질 수 있으며 이것은 알고리즘 사용자의 선택사항이다.

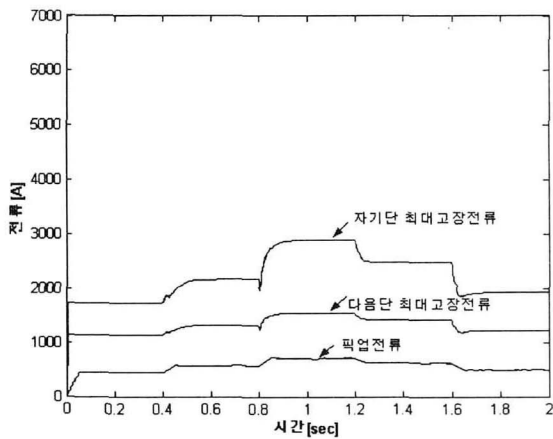


그림 7 계통변경에 따른 계전기1 동작전류 추이  
Fig. 7 Changed Setting Current of the Relay1

그림7은 계전기1의 계통 변경에 따라 각각 추정된 단락임피던스로 구해진 자기단, 다음단의 최대고장전류와 픽업전류의 추이를 보이고 있다.

표 2는 계통변화에 따른 추정된 값이 수렴할 때 정정에 필요한 데이터를 보여주고 있다. 여기서 계전기3은 선로말단에 위치한 것으로 간주함으로써 픽업전류와 자기단 최대고장전류만이 나타난다.

그림8,9는 계통이 크게 변화했을 때의 계전기의 동작특성곡선을 보여주고 있다. 각 포인트는 자기단 최대고장전류와 다음단 최대고장전류 그리고 픽업전류로 구성되어 있으며 앞에서 설명한 정정방법에 따라 다음단 계전기의 최대고장전류와는 협조시간 0.5s를 갖도록 하였다. 시뮬레이션결과

표 2 계통변화에 따른 정정 데이터

Table 2 Setting Data in Changed Power Systems

정정요소 시간[sec]	계전기1,2,3 단락임피던스 ( $\Omega$ )	계전기1,2,3 픽업전류 [A]	계전기1,2 다음단 최대 고장전류(A)	계전기1,2,3 자기단 최대고장전류(A)
0~0.4	$3.0 + j7.0$	464.3378	1142.3	1736.0
	$3.6 + j11.0$	313.6631	850.2	1142.3
	$4.1 + j15.0$	164.2331	-	606.8
0.4~0.8	$2.4 + j5.6$	595.0902	1314.5	2170.1
	$3.0 + j9.6$	373.9681	941.5	1314.5
	$3.5 + j13.6$	224.8756	-	828.8
0.8~1.2	$1.8 + j4.2$	714.8527	1547.4	2893.4
	$2.4 + j8.2$	404.5078	1054.3	1547.4
	$2.9 + j12.2$	245.1469	-	906.5
1.2~1.6	$2.1 + j4.9$	627.5177	1421.6	2480.1
	$2.5 + j8.9$	388.6415	994.8	1421.6
	$3.2 + j12.9$	229.3290	-	847.3
1.6~2	$2.7 + j6.3$	518.1596	1222.4	1928.9
	$3.3 + j10.3$	333.0413	893.6	1222.4
	$3.8 + j14.3$	182.8540	-	673.4
동작시간		50sec	1sec	0.5sec

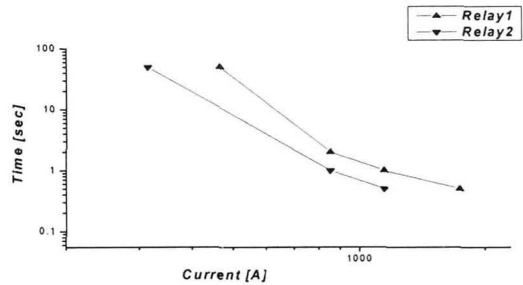


그림 8 0.4~0.8초 사이의 계통시 취득된 정정곡선  
Fig. 8 Setting Curve in 0.4~0.8s

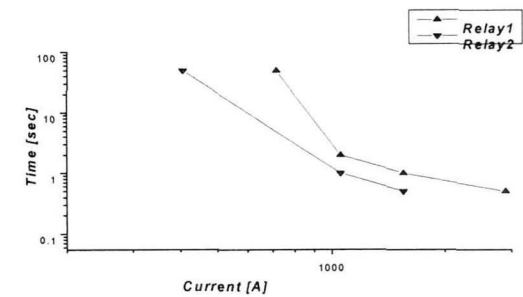


그림 9 0.8~1.2초 사이의 계통시 취득된 정정곡선  
Fig. 9 Setting Curve in 0.8~1.2s

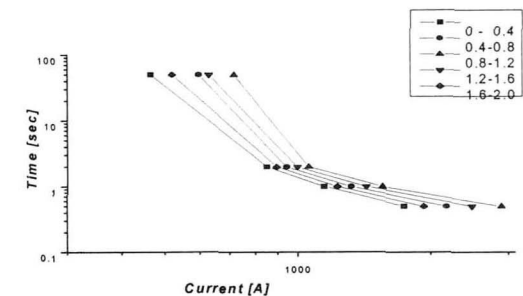


그림 10 계전기1의 계통 변화시 정정값 변화추이  
Fig. 10 Changed Setting Value of relay1



계전기1,2는 각각 계통상황에 적응하면서 정정값을 취득함을 보였고 과전류 계전기 상호간 협조 또한 잘 이루어짐을 보여주고 있다. 그림10은 계전기1의 계통변화에 따른 자율적인 동작특성곡선의 변화추이를 보여주고 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 배전자동화에 필수적인 보호계전기 정정 자동화를 위하여 배전계통에 널리 사용되고 있는 과전류 계전기에 자율적응성을 부여한 자율적응형 과전류 계전기를 제안하였다. 그리고 제안된 과전류 계전기는 과전류 계전기의 동작임무를 모두 만족하며 계통변경에 따라 스스로 정정값을 구하여 자동정정되는 것을 사례연구에서 보여주었다. 정정을 위한 픽업전류와 최대 고장전류는 계전기 측정 전압전류 만으로 계통변화에 따른 단락임피던스의 변화를 RLS 알고리즘을 사용하여 구하였다.

본 논문에서 제안한 과전류 계전기는 추후에 계전기간의 통신을 통한 주변 계통의 변화에 대한 정보와 각 보호기기의 정정 및 협조에 관한 데이터들이 더해진다면 더욱더 정확한 정정이 이루어지리라 확신하며 미래의 배전자동화에 있어서 중요한 요소가 되리라 사료된다.

## 감사의 글

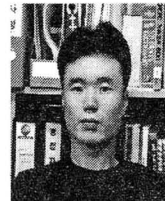
본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 송길영, "송배전공학", 동일출판사, 1999, pp. 397-424
- [2] Karl J. Astron, Bjorn Wittenmark, "Computer Control of Dynamic Systems", Prentice-Hall, 1990, pp. 416-436
- [3] 中山敬浩, "保護繼電시스템", 世和, 1994, pp. 47-57
- [4] 신대승, "保護繼電시스템技術", 技多利, 2001, pp.172-175
- [5] A.M. Chebbo, M.R. Irving, M.J.H. Sterling, "Voltage collapse proximity indicator : behavior and implications", IEE Proceedings-C, Vol. 139, No. 3, May, 1992, pp.241-252.
- [6] K. Vu, M. Begovic, D. Novosel, "Grids Get Smart Protection and Control", IEEE Computer Applications in Power, 1997, pp. 40-44.
- [7] K. Vu, M. Begovic, D. Novosel, M. M. Sahs, "Use of Local Measurement to Estimate Voltage-Stability Margin", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 14, No. 3, August, 1999, pp. 1029-1035.
- [8] D. E. Julian, R. P. Schulz, K. T. Vu, W.H. Quaintance, N. B. Bhatt, D. Novosel, "Quantifying Proximity To Voltage Collapse Using The Voltage Instability Predictor(VIP)", Proceedings of IEEE PES Summer Meeting 2000, Vol. 4, 2000
- [9] W. H. Quaintance, K. Uhlen, D. E. Julian, J. O. Gjerde, K. T. Vu, L. K. Vormeda, "Raising Energy Transfer in Corridors Constrained by Voltage Instability-Statnett Case", Proceedings of IEEE PES Summer Meeting 2000, Vol. 4, 2000, pp. 2021-2026.

- [10] 김상업, 이병준, "계통 지역정보를 이용한 전압안정성 감시 및 보호계전기에이 적용", 2002년도 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, 2002. 5. 24-25, pp. 78-83
- [11] 지준근, 차용석, "Design of Self-Tuning Speed Controller for DC Motor Drive System", 순천향산업 기술연구소논문집, 제5권 2호, pp.265-273, 1999
- [12] 임종수, "MATLAB 완벽가이드", 가상과 현실, 1998

## 저 자 소 개



### 윤 준 석(尹 峻 碩)

1976년생. 2002년 명지대 공대 전기공학 과 졸업. 현재 명지대 대학원 전기공학과 석사과정.

Tel : 031-336-3290, Fax : 031-321-6816

E-mail: jsyun@mju.ac.kr



### 최 면 승(崔 勉 松)

1967년 4월생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공박). 1995년 Pennsylvania State Univ. 방문 연구원. 1992년 기초전력공학 공동연구소 전임연구원. 현재 명지대 학교 공대 전기과 부교수.

Tel: 031-336-6367, Fax: 031-321-0271

E-mail: mschoi@mju.ac.kr



### 이 승 재(李 承 宰)

1955년 11월 30일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공박). 1994년 Univ. of Washington 교환교수. 현재 명지대 공대 전기과 교수.

Tel : 031-336-6362, Fax : 031-330-6816

E-mail : sjlee@mju.ac.kr



### 현 승 호(玄 承 虎)

1962년생. 1991년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공박). 1996년 한국 철도 선임연구원. 현재 명지대 차세대 전력기술 센터연구교수.

Tel : 031-330-6814, Fax: 031-330-6816

E-mail: takeitez@mju.ac.kr