Computer를 利用한 Symmetrical Component Distance Relay

鄭學鎭 / 電力系統研究室

Ⅰ. 序 論

반도체 産業의 発達로 computer의 價格이 低廉해지고, 現代의 産業이 複雜해지고 多様化됨에 따라 computer를 利用한 制御装置들이 많이 開発되어지고 있다. Computer control system은 대체로 block diagram으로 보면 비슷한 構造를 가지며, 이의 応用例는 대단히 많이 있을 것이다.

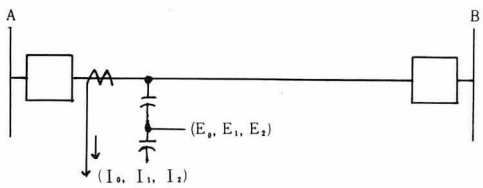
Computer로써 SCDR(Symmetrical Component Distance Relay)을 制御하는 方法을 알아봄으로써, 다른 여러가지 用途에도 応用이 可能할 것이다.

Ⅱ. 本 論

먼저 SCDR의 基本 動作原理를 간단히 알아보기로 하자. SCDR의 자세한 理論과 implementation은 参考文献(1)에 잘 나타나 있다.

1. SCDR의 動作原理

伝送線路 A, B에서의 電圧의 対称成分 들을 E_0, E_1, E_2라 하고, 電流의 対称成分을 I_0, I_1, I_2라고 둔다. 그리고 伝送線路에서의 zero, positive impedance를 各各 Z_0, Z_1이라고 하면 다음과 같은 数式이 주어진다.



〈그림 1〉 전송선로에서의 Symmetrical components.

$$K_0=\frac{E_0}{Z_0 I_0},\quad K_1=\frac{E_1}{Z_1(I_1-\bar{I}_1)},$$

$$K_2=\frac{E_2}{I_2 Z_1},\quad K_0'=\left|\frac{Z_0 I_0}{Z_1(I_1-\bar{I}_1)}\right| e^{j(\theta_0-\theta_1)} \quad (1)$$

$$K_2'=\begin{cases}1 : \text{at } |I_1|=|I_2| \\ 0 : \text{otherwise}\end{cases}$$

여기서 $\bar{I}_1$는 伝送線路에서 positive current의 prefault 값이며, θ_0, θ_1은 zero, positive impedance의 位相角이다.

위의 比率들로써 거리측정 K는 다음과 같이 定義된다.

$$K=\frac{K_1+K_2K_2'+K_0K_0'}{1+K_0'+K_2'+K_t} \quad \cdots\cdots(2)$$

式(2)의 거리측정 K는 伝送線路에서 어떠한 balanced 혹은 unbalanced fault에서든 per unit distance로 나타내 질 수 있다.

Symmetrical component relay는 모든 fault에 대해서 한개의 式만을 使用하므로 계산하는데 있어서 간편함을 알 수 있다.

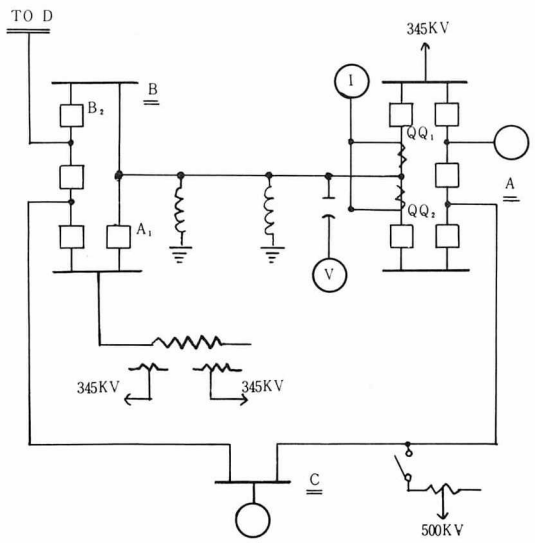
2. Computer의 SCDR에의 応用

〈그림 2〉는 computer를 SCDR에 応用할 때 적용 可能한 one-line diagram이며, system의 computer 制御回路는 〈그림 3〉에 나타나 있다.

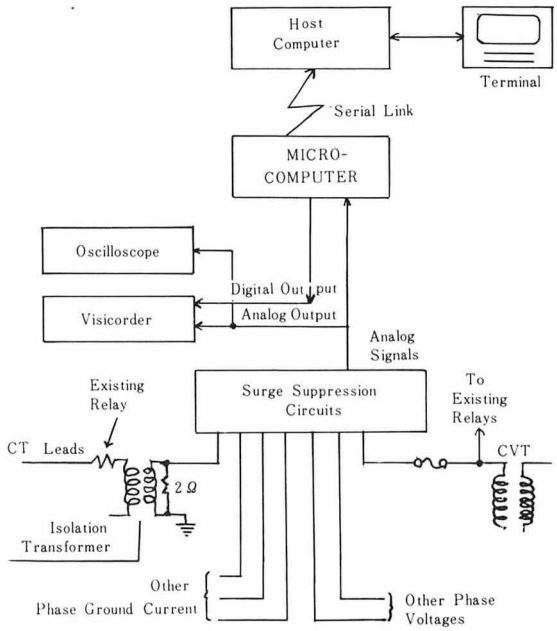
가. μ-computer와 host computer와의 交信

Terminal로써 computer에 入力하고 結果를 확인하면서 制御를 해야하므로 μ-computer 와 host computer사이에는 data通信이 있어야 한다. 또한, 〈그림 3〉에서 보는 바와같이 μ-computer에서 sampling한 data를 modem을 통하여 host computer로 伝送하여 data file을 만들고, 이 data를 利用하여 모든 fault를 계산한다.

Data 伝送方式에는 synchronous 方式과 asynchronous 方式이 있다. Asynchronous 方式인 경우에는 단말측(μ-computer)의 伝送 制御裝置 속에서 한개의 문자마다 bit series 로 분해된다. 한개의 문자마다 문자의 시작과 끝을



〈그림 2〉 System one-line diagram.



〈그림 3〉 SCDR Computer system.

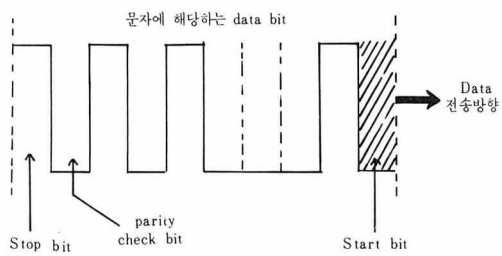
식별하는 start bit와 stop bit를 삽입하여 동기를 잡도록 하여 data를 정확하게 받을 수 있게 한다.

〈그림 4〉는 asynchronous方法으로 文字를 보내는 경우 start bit와 stop bit의 位置를 나타내고 있다.

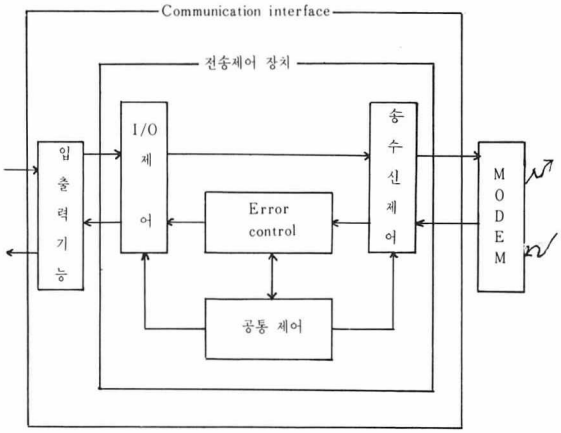
나. μ-computer와 host computer간의 data 처리의 system構成과 機能

각종 装置, 機能의 움직임과 정보를 정확히 주고 받기위한 line control에 대하여 알아보자.

一般的인 단말 장치에서는 基本的으로 入出力 装置와 伝送制御 装置機能으로 되어있다. 伝送制御 装置에는 I/O control, error control, 送受信 制御 및 공통제어의 4部分으로 되어있



〈그림 4〉 비동기 전송방식의 문자의 bit구성



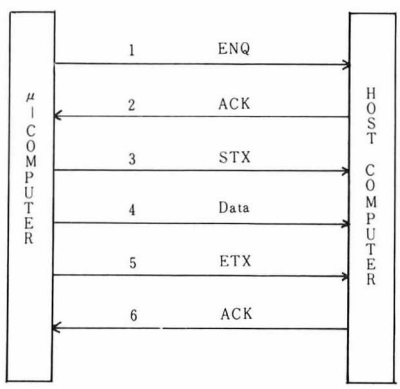
〈그림 5〉 Communication interface.

고 〈그림 5〉와 같다.

Data通信을 하는 경우에 중요한것은 data 를 정확하게 送受信하는 문제이다. μ-computer가 host computer와 data를 주고받는 중에 通信回線에 이상이 생겨도 단말에서 data를 계속 送信할 수가 있으므로, 송신측은 수신측이 수신가능한 상태인지 확인하고, 송신이 끝난 뒤에는 data를 틀림없이 받았는지 확인해야 한다. 이러한 것을 line control이라 한다.

〈그림 5〉와 같은 내부구성을 갖는 단말장치가 host computer와 通信制御 機能과 line control을 行하면서, data를 주고 받는 방법은〈그림 6〉과 같은 순서로 행한다.

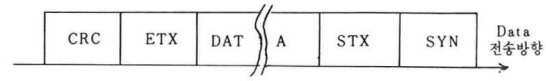
〈그림 6〉에서 ACK신호는 host computer에서 伝送 block의 마지막 code를 확인한 후, error check를 하여 error가 없을때 보내는



〈그림 6〉 응답 확인방식

신호이며, error가 있을 경우에는 NACK 신호를 보낸다. Error control부분은 入出力 制御部와 送受信 制御部에 대응해서 움직이면서 data의 error를 검출하고 수정하는 일을 한다. 즉, parity check, 혹은 check sum을 위한 mark수의 계산, check code의 일치, 검사 等을 행하여 다시 보내와야 할 경우에는 다시 data를 읽어 들이도록 하는 것이다.

한편, 동기식 伝送은 전송을 시작할 때에 특정한 동기용 文字를 보내어 등기를 취하도록 하는 방법이다. 이 방법은 비동기식이 文字마다 동기를 취하는데 반해 block単位의 정보에 대해 동기가 취해지므로 伝送效率이 좋아진다. 일반적으로 이것은 고속도의 回線에 使用되고 있으며, 통신 시설을 보다 효율적으로 이용할 수 있다. 동기식의 대표적인 방법으로는 BSC(Binary Synchronous Communication) 방식으로서, 동기문자로서 SYN(Synchronous)이라는 문자를 사용하고 있다. 〈그림 7〉은 伝送 block의 머리에 SYN을 보내는 것을 보여준다. 여기서 STX는 text의 시작을 뜻하고, ETX는 text의 마지막을 뜻하는 制御用 文字이며 CRC는 伝送 block의 error check用 文字를 뜻한다. 각종 制御文字는 〈表 1〉에 나타나 있다.



〈그림 7〉 BSC의 Data와 제어문자의 구성

SOH	Start of Heading
STX	Start of Text
ETX	End of Text
EOT	End of Transmission
ENQ	Enquiry
ACK	Acknowledge
DLE	Data Link Escape
NACK	Negative Acknowledge
SYN	Synchronous Idle
ETB	End of Transmission Block

〈表 1〉 전송제어용 문자

동기문자의 삽입이나 비동기식에서의 start bit, stop bit의 추가는 hardware에 의해 자동

적으로 行해진다. 비동기식에서 하나 하나의 制御文字는 program을 실제로 작성 할때는 신경쓸 필요가 없다. 처리 program속에 입출력 명령을 macro로 지정해 두면 system이 자동적으로 정해진 형태에 따라 행해지기 때문이다. Data를 交信하는데 있어서 다른 중요한 장치는 modem의 機能이다.

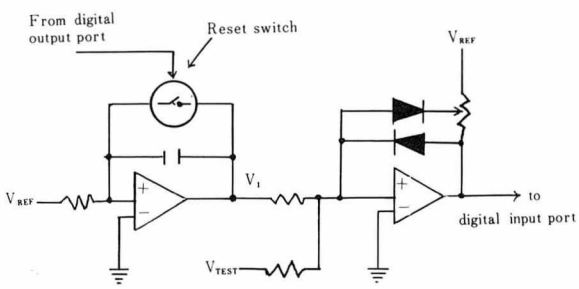
Data를 伝送하는데 있어서 computer는 2진 부호를 사용하고 있다. Data가 통신회선에서 운반되는 경우에는 신호파형에 의해야만 한다. 2진 부호를 높은 주파수의 교류 신호 파형으로 바꾸는 것을 변조라고 하고, 변조된 파형을 2진 부호를 바꾸는 것을 복조라고 한다. Modem은 변·복조의 두가지 機能을 모두 実行하는 装置이다.

다. Sampling과 A / D Converter

Digital制御와 analog制御 system사이의 重要한 차이는 digital computer가 측정값의 変化를 연속적인 정보로 처리할 수가 없다는 것이다. 그러므로 연속적인 변화값은 어떤 순간마다 sampling을 해야한다. Sampling된 값으로 다시 analog 신호로 바꾸려면 Nyquist' theorem에 의해 원래 신호의 한 주기당 적어도 2번은 sampling해야 한다.

Analog신호를 받아서 computer로 처리 하려면 analog量을 digital정보로 바꾸어야 하므로 A / D converter사용해야 한다.

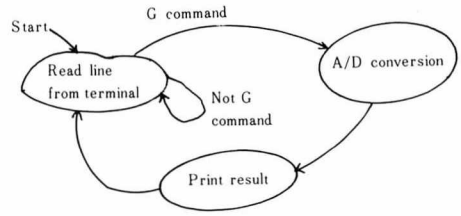
간단한 A / D converter의 회로는 〈그림 8〉과 같다.



〈그림 8〉 Integrating A/D Converter

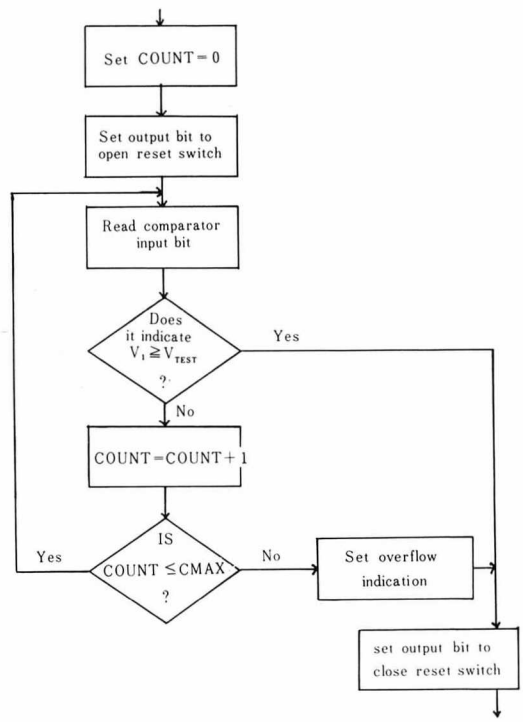
A / D converter의 動作을 살펴보면 computer의 program이 必要함을 알 수가 있을 것이다. 위의 回路에서 보면 reset S / W에 의해 C의 電圧을 zero로 만든뒤에 적분되는 전압 V_1이 V_{TEST}보다 커지면 V_0가 갑자기 바뀐다. 이것을 利用하여 V_{TEST}量을 computer의 program에 의해 digital정보로 바꿀 수 있다.

A / D converter를 test하고 calibration하는 program은 〈그림 9〉와 같다.



〈그림 9〉 A/D Test and Calibration Program

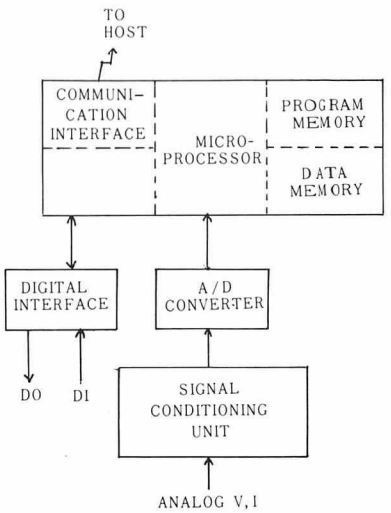
V_{TEST}量을 digital정보로 바꾸는데 필요한 computer program의 flow chart는 〈그림 10〉과 같다.



〈그림 10〉 A/D Converter Subroutine

라. Relay system hardware component

μ-computer의 program memory에는 relay를 制御하는 program이 들어있다.



〈그림 11〉 **Relay system Hardware components.**

Analog signal인 電流와 電圧의 신호는 CT (Conventional current Transformers)와 CVT(Capacitance Voltage Transformer)에 의해 얻을 수 있다. 전류 신호는 isolating transformer에 의해 분리되어지며, 〈그림 3〉의 shunt 저항 2 Ω은 B에서의 line-to-ground fault 일때 電圧 drop을 0.3375 Volt rms로 하기 위한 것이다.

이런 신호들은 anti-aliasing filter와 surge surppression을 통과하며, 특히 電流신호는 伝送線路의 replica impedance Z_1, Z_0를 통하여 얻어지므로, 이것은 式(1)의 분모의 계산을 용이하게 만든다.

Sample된 analog data는 A/D converter를 통하여 digital정보로 바뀐다음 RAM에 저장되었다가 μ-computer의 data memory로 저장된다. Sample된 data는 transient가 검출되거나 sample요구가 있을때 마다 double buffer에 저장 유지된다. Buffer된 data는 host computer로 伝送되고, host computer는 이것을 data file을 만들어 저장하고, 후에 oscillographic기록을 만들거나, 사건(Fault)의 분석에 이 data들을 사용한다.

μ-computer의 relay program에서 대칭 성분(Symmetrical component) E_0, E_1, E_2와 I_0Z_0, I_1Z_1, I_2Z_2는 sampling시각마다 연속적으로 계산된다.

SCDR algorithm은 6개의 sample값으로 계산하게 design되어 있어서 nominal relay speed의 half cycle에서 모든 형태의 fault를 알 수 있다.

Ⅲ. 맺음말

Relay에 대해 computer를 利用하여 電流와 電圧의 순간마다 변하는 값을 읽어들여 fault를 계산함으로써 보다 빨리 fault를 알 수 있으며, 式(2)에 의해서 fault가 発生한 거리를 계산할 수 있다.

Data通信方法에 의해 먼거리에서 terminal만 조작하므로 고장 점검이 용이해졌다.

그리고 data를 利用한 fault계산에 있어서 transient function을 使用하여 보다 빨리 fault를 알아낼 수 있는 방법들이 연구되어져야 하겠다.

参 考 文 献

1. Phadke, A. G.,"Fundamental Basis for Distance Relaying with Symmetrical Component." IEEE Trans. on PAS. No. 2., April., 1977.
2. Leventhal., Introduction to Microprocessor., Prentice-Hall. 1978.
3. Jerry Fitzgrald., Fundamentals of Data Communications.,John Wiley & Sons., 1978.
4. Rodnay Zaks, Microprocessor Interfacing Technique., Sybex., 1979.
5. Phadke. A. G.,"Microcomputer Based Ultra-High-speed Distance Relay" IEEE Trans. on PAS. No. 4. April., 1981.
6. Auslander, D. M., Microprocessors for Measurement and Control., McGraw-Hill., 1981.