

박 영 문

서울대학교 교수

이 기 원\*

서울대학교

1. 서론

대부분의 지락사고는 데지 귀로선로가 구성되어 과전류가 흐르므로 최대부하 전류의 125-200% 이상에서 동작되는 과전류 계전기(over current relay)에 의해 검출이 쉽게 된다.

그러나 고저항 지락사고가 발생하면 고장전류가 적은데다 이 전류는 다중접지 배전선로에서의 부하 불균형 때문에 생기는 중성선 잔류전류(3I<sub>0</sub>)와의 구분이 곤란하다.

그러므로 현재까지의 보호 계전방식에 의한 고저항 지락사고 검출범위는 극히 제한적이다. 그런데 근래 도심지 고압배전선로에서 절연전선이 점차 많이 사용되고 있으므로 그에따라 고저항 지락사고가 발생할 여지가 증가되고 있기에 그에 적합한 지락보호 계전방식의 필요성이 점점 더 가중되고 있다.

이러한 문제에 대한 해결책으로는 비율지락 계전방식(Ratio-Ground Relay<sup>(3)</sup>), 개량거리 계전방식(Modified Distance Protection Method<sup>(2)</sup>)등이 있었다. 그러나 비율지락 계전방식은 각 배전선로의 부하 특성에 아주 민감한 규정치가 요구되는 단점이 있으며 또 개량거리 계전방식은 배전계통에 대한 적용이 곤란하다.

그러므로 본 논문에서는 우리의 배전계통인 22900 V 중성점 다중접지 배전선로에 적합한 고저항 지락검출 알고리즘인 주파수 비교방식을 제시하고, 16 bit Microcomputer<sup>(1)</sup>를 이용한 고장전류 분석결과를 보이겠다.

2. 고저항 지락사고의 특성

고저항 지락사고는 지락과 함께 언제나 아아크를 동반한다.

이러한 아아크 현상은 에너지 전위가 매우 높은 도체가 그렇지 않은 다른물체와 완전한 접촉이 이루어

여 지지 않은 상태에서 근접하게 되면, 서로의 전위차에 의해 도체와 물체 사이의 공기가 절연 파괴되는 현상이다. 이 아아크는 짧은 지속기간의 게이트 함수로 나타낼수 있으므로 그것에 관한 주파수 영역의 표현은 Sin X/X 의 형태로 나타나 고주파 성분이 광범한 주파수 영역에 걸쳐 존재하게 된다(그림1).

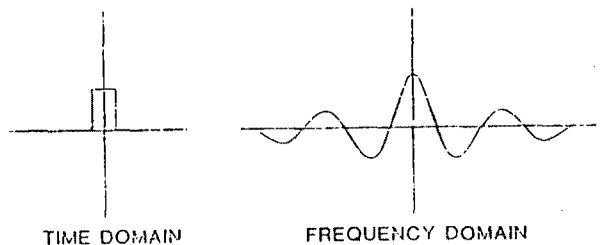


그림 1. 아아크펄스와 그의 주파수 분석

만약 주파수 폭을 2KHZ- 10KHZ 로 규정시키면 (High pass Filter 를 이용) 정상상태 전류는 고주파 성분이 거의 없으므로, 상당한 고주파 성분을 포함하고 있는 고장신호와 뚜렷이 구분이 될수 있다.

그런데 기존의 전기 기계적인 아날로그 계전기로는 입력정보에 대한 주파수 분석이 불가능하므로, 마이크로 프로세서를 이용한 디지털 계전시스템에서 입력정보에 대한 F.F.T (Fast Fourier Transform) 을 수행한후 Power spectrum 을 구하여 이것으로 고장을 판단한다.

3. 검출알고리즘

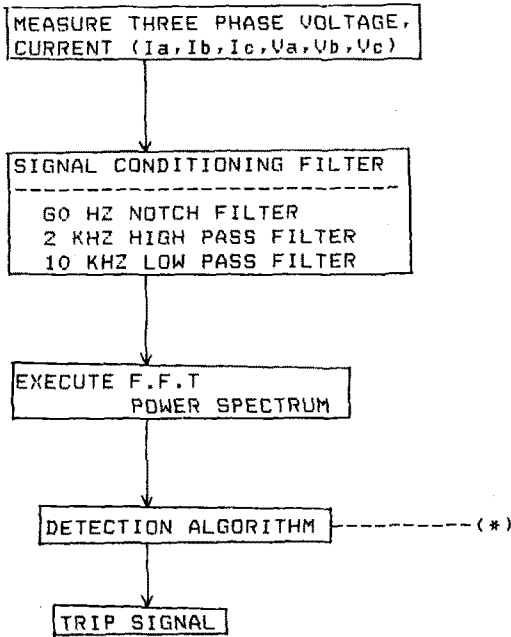


그림 2. 검출과정에 관한 흐름도

위의 (\*)로 표시된 검출 알고리즘은 배전선로의 과급전선에서 고주파 전류의 변화를 구분하는 과정이다.

그런데 실제 계통 운용에서 보면 부하투입이나 차단, 콘덴서 뱅크 투입, 공기 스위치 투입등의 개폐 현상( Switching Event )이 일어날 때에도 고주파 과도전류가 야기되므로 이와와의 구분이 필요하다. 그러나 이러한 과도현상은 아아크 지속 시간이 고저항 지락사고에 비해 아주 짧을 것이므로 Power Spectrum 을 한주기 동안 적분한 스펙트럼 에너지로써 이들의 구분이 가능할 것이다.

위의 검출과정은 '고장검출'과 '고장구분'의 두 과정으로 나뉜다.

고장 검출과정에서는 고주파 신호의 에너지 레벨의 변화를 통해 고장을 검출하며, 또한 고장구분과정에서는 정해진 시간 동안의 스펙트럼 에너지의 변화 횟수가 규정치를 넘는가를 통해 고장현상과 일관적인 스위치 개폐 현상과를 구분한다.

구체적인 검출 알고리즘에 관한 흐름도는 다음과 같다.

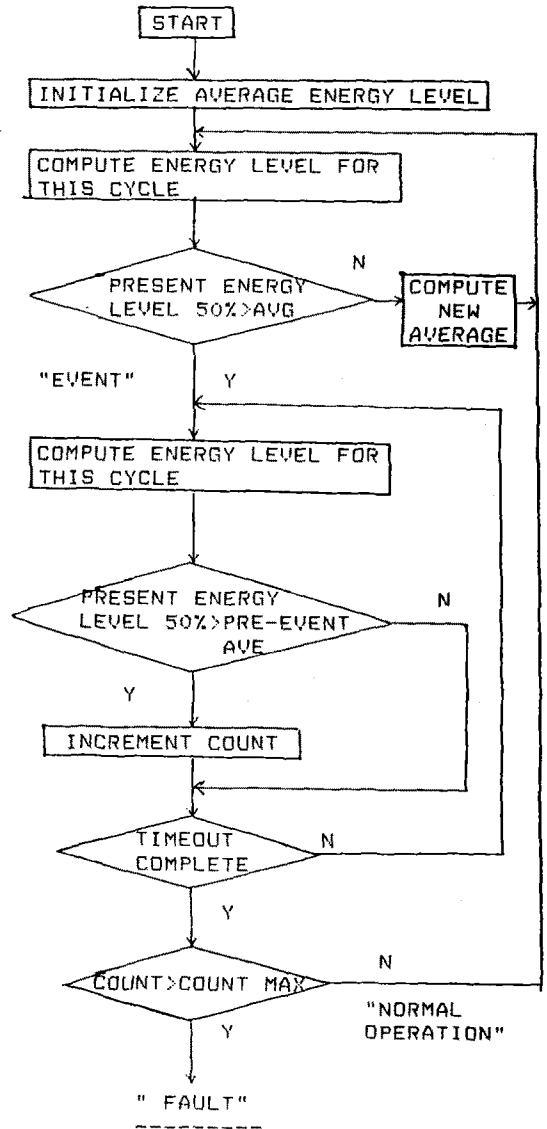


그림 3. 검출 알고리즘에 관한 흐름도

#### 4. 실험실내의 아아크 전류분석 결과

##### 4.1 시뮬레이션 과정

시뮬레이션은 실험실용 아아크 발생기를 통해 나온 아아크 전류에 주파수 분석을 하여 보았다.

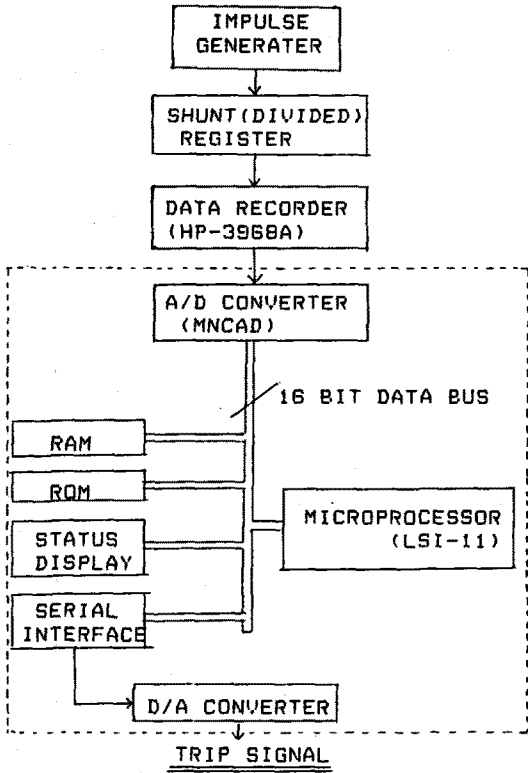


그림 4. 고장검출 시스템의 블록선도

위에서 아아크 전류 발생기는 Pulse Electronic Engineering Co. 의 'ICG - 10K' 를 사용했으며 점선내의 부분은 PDP - 11 ( MINC 23)를 사용했다.

다음은 10KHZ (100 $\mu$ s) 마다 추출한 32 개의 데이터이다.

1	0.1700000	17	0.5125000
2	0.1625000	18	0.5650000
3	0.1650000	19	0.5550000
4	0.1725000	20	0.4975000
5	0.1850000	21	0.4250000
6	0.3000000	22	0.3525000
7	0.3625000	23	0.3400000
8	0.3750000	24	0.2500000
9	0.3500000	25	0.2050000
10	0.2975000	26	0.1525000
11	0.2500000	27	0.1700000
12	0.2325000	28	0.1675000
13	0.2625000	29	0.1750000
14	0.2550000	30	0.1875000
15	0.3250000	31	0.1775000
16	0.4125000	32	0.2725000

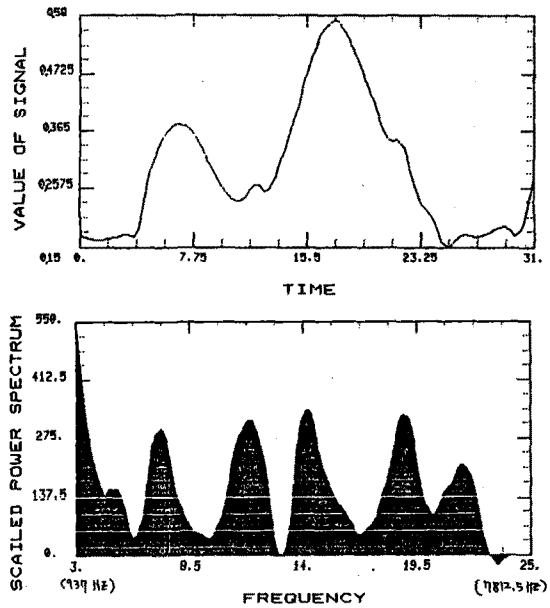


그림 5. 아아크 전류와 Power Spectrum결과

### 5. 결론

근래들어 점점 증가되고 있는 배전선로 고저항 지락사고는 기존의 어떠한 보호계전 방식으로도 검출이 불가능하였다. 이에 본 논문에서는 마이크로 프로세서를 이용하여 주파수 분석을 실시하여 고저항 지락사고 검출이 가능함을 보였다.

### 6. 참고 문헌

- (1) Rusell, Avcoin, "Distribution high frequency fault detection utilizing high frequency current components", IEEE P.A.S. Vol PAS101, No.6, June 1982.
- (2) Q.S.Yang, I.F.Morrison, "Microprocessor based algorithm for high resistance earth fault distance protection", IEE PROC. Vol 130, Pt.c, No.6, NOV.1983.
- (3) J.Carr, "Detection of High Impedance Faults on Multi-Grounded Primary distribution system", IEEE P.A.S. Vol PAS-100, No.4, April 1981.