

중소규모 수용가용 전력감시시스템에서의 정보시각화 구현에 관한 연구

(Realization of the Information Visualization of Electric Power Monitoring System
for MV/LV Distribution Customers)

강봉석* · 김재철 · 문종필 · 박기주 · 권영복

(Bong-Seok Kang · Jae-Chul Kim · Jong-Fil Moon · Gi-Ju Park · Young-Bok Kweon)

요 약

최근 중소규모 수용가 수배전반은 일체화, 전자화 및 디지털화로 급격히 발전하고 있다. 본 논문은 중소규모 수용가 수배전반 관리에 필요한 효과적인 정보시각화 기법을 제시하였다. 화재지수, 전력컨디션지수, 수배전반 안전지수, 전력감쇄지수로서 크게 4가지 지수들로 수많은 계측 데이터를 다양한 측면으로 종합적으로 표현해주는 알고리즘을 개발하였다. 정보시각화 수배전반의 디스플레이부를 터치스크린으로 구성하여 사용자 편의성을 강화시켰고, 실시간 데이터를 그래픽적으로 표현하여 유지인터페이스 또한 한층 증대시켰다. 본 논문에서 제시한 정보시각화 기법은 수배전반을 포함한 중전기기의 새로운 발전 방향을 제시할 것으로 사료된다

Abstract

Recently, switchboards for MV/LV distribution customers have been united and digitalized rapidly. This paper suggests the effective information visualization method for the data measured from cubicle switchboard for MV/LV distribution customers. We developed the algorithm that analyzes a large number of measured data and displays them to users overall, such as fire index, power condition index, switchboard safety index, and power diminution index. Using a touch screen made users to operate it easily. User interface was also strengthened by taking graph visualization. We guess the information visualization method suggested in this paper shows the new direction that heavy electrical equipments including switchboards are going to develop in the future.

Key Words : Power Monitoring System, Switchboard, Information Visualization, Touch Screen

1. 서 론

현재 전기업계는 아날로그 시대에서 이제 디지털 시대로 급변하고 있다.

이는 전력계통의 중전기 분야 또한 예외는 아니다. 최근 디지털 계전기, 디지털 전력량계의 원격검침 등의 발전 상황을 보면 중전기기의 디지털화가

* 주저자 : 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정
Tel : 02-824-2416, Fax : 02-817-0780
E-mail : bskang@ee.ssu.ac.kr
접수일자 : 2004년 1월 26일
1차심사 : 2004년 2월 2일
심사완료 : 2004년 2월 13일

급속도로 이루어지고 있음을 쉽게 알수가 있다.

수배전반도 마찬가지로 초기에는 아날로그식으로 모든 조작이 수동적으로 이루어졌으나, 90년대 중반부터 현재까지 일체화, 전자화 및 디지털화가 급속하게 진행되어 왔다. 결국 수배전반 내에 마이크로프로세서(microprocessor)가 내장되기에 이르렀으며 수많은 데이터가 내부에서 처리되고 있다. 컴퓨터의 급속한 발달로 인해 이러한 데이터 저장 시스템(data storage system)에는 사람이 파악하고 판단하기에 불가능할 정도로 매우 방대하고 다양한 데이터가 존재하고 있으며 이런 수많은 데이터들은 그룹화되고 분류될 필요가 있다. 어떠한 정보시스템에서 사용자뿐만 아니라 개발자 또한 시스템 구현을 위해서 이런 수많은 데이터를 효과적으로 관리할 필요성이 있다. 따라서 정보시각화(information visualization)는 하나의 새로운 연구분야가 되었으며, 그에 따른 세부분야가 지속적으로 연구 중이다[1-4, 17].

또한 그래픽적인 기법을 도입함으로써 교육적 효과도 기대할 수가 있다. 개발자와 사용자 모두가 보다 쉽게 정보를 파악하고 공유하는 것은 매우 중요한 일이지만 최근까지 국내 수배전반 개발은 계측기기의 정보시각화 관점에서 접근한 것이 아니라 계측값을 단지 보여주는 수준에 불과하였다.

수배전반에는 여러 가지 장비가 통합되어 있으며 특히 변압기가 포함되어 있으므로 과부하, 혹은 절연물 열화 등에 의해 변압기 사고로 이어질수 있는 요소들이 항상 존재하고 있다. 하지만 실제 중소규모 수용가용 수배전반에는 현장 운영자가 아예 없거나 있더라도 전기에 대한 전문적인 지식이 없거나 혹은 수준이 낮은 초보자가 대부분이다. 사용자의 욕구에 맞추어 수배전반은 날이 갈수록 전문화되며 발전하고 있으나 실제 현장 운영자에게 효과적인 정보전달은 사실상 힘든 실정이다. 위험 요소를 사고가 발생하기 이전에 분석하고 예방하는 것이 무엇보다 중요하다. 기존 수배전반의 경우 위급상황이 발생하면 현장 운영자가 상태를 손쉽게 파악하고 조치를 취하기가 힘들었고, 따라서 사고의 파급은 더욱더 확산될 수 있는 위험을 가지고 있었다. 수배전반의 전력 상태의 실시간 정보를 효과적으로 보여주며 사고를 사전에 예방하기 위한 목적에서 수배전반의

측정데이터들의 정보시각화는 반드시 이루어져야 할 사항이다.

외국의 경우, 정보시각화에 관련된 연구가 오래전부터 활발히 이루어지고 있으나[1-4, 17], 국내의 경우, 특히 배전계통의 중전기기 시스템 구성시 정보시각화적인 접근에 관한 체계적인 연구는 거의 전무하다.

본 논문에서는 이런 상황을 고려하여 특히 중소규모 수용가용 수배전반 측면에서의 정보시각화기법에 초점을 맞추었다. 또한 데이터를 계측, 감시, 진단할 수 있는 4가지의 핵심 알고리즘을 제안하였다.

2. 수배전반 정보시각화 알고리즘

본 논문에서 제안한 수배전반 정보시각화 알고리즘은 화재지수, 전력컨디션지수, 수배전반 안전지수, 전력감쇄지수로 총 4가지로 구성되어 있다.

2.1 화재지수

매년 국내 전기화재사고는 점차 증가하고 있다 [5]. 이 화재지수는 사용자에게 전기화재 발생 확률을 지수로서 표현해줌으로서 큰 사고를 예방하는데 그 목적을 두고 있다.

화재지수 알고리즘에는 누설전류, 접촉불량, 변압기 절연물 최고온도, 과전압, 결상의 5가지 요소가 포함된다. 영상변류기(ZCT)로부터 누설전류의 양을 측정하며, 각상에 온도센서를 설치하여 접촉불량시 온도상승을 포착한다. 덧붙여 중요한 판단 요소는 변압기 절연물의 최고허용온도이다. 과전압, 결상 또한 화재의 요인이 될 수 있다.

전기설비의 안전을 위해 배선 및 기기에 접지공사가 된곳을 제외하고 전부 대지로 부터 절연하는 것을 원칙으로 하고 있다. 만약 전로/기기의 절연이 불충분하면 누설전류에 의한 화재/감전의 위험이 있을 수 있다. 화재를 적절한 시기에 예방하기위해 누설전류는 반드시 감시해야할 항목이다. 누설전류는 영상변류기(ZCT)로부터 측정하며, 최대 허용치를 초과할 경우 화재위험확률이 100[%]라고 판정한다.

중소규모 수용가용 수배전반은 22.9[kV]로 수전을 받아 변압기를 통하여 380[V] 및 220[V]의 저압

으로 낮추어 수용가에 전력을 공급한다. 매우 높은 전압이 수배전반을 통과하기 때문에 수배전반내의 연결 부위에 접촉불량이 발생할 경우 매우 위험하다. 접촉 불량으로 인한 과열, 합성 및 누전, 아크가 발생할 수가 있기 때문이다. 이 접촉불량은 온도센서에 의하여 측정된다. 누설전류와 마찬가지로 센서에 기준온도치를 상회하는 온도가 측정될 경우 화재위험 확률 100[%]라 판정한다.

국내 배전용 변압기 과부하 판정기준은 단기간 정격은 최대 130[%]까지 허용하고 있다[6]. 하지만 변압기의 효율적, 경제적 사용을 위해서는 단시간 과부하를 고려하여야하며 변압기가 비정상적인 수명 손실을 일으키는 범주를 설정해야만 할 것이다. IEEE, IEC, JEC 등의 국외 규정들은 절연물의 최고 허용온도를 절연물 종류별로 제시를 하고 있으며, 1~2시간의 단시간 과부하인 경우 각기 다르게 적용하고 있다[7]. 본 논문에서는 이러한 변압기의 비정상적인 수명손실 여부의 판정기준을 변압기 절연물의 허용온도로 보았다.

대표적인 변압기의 종류에는 크게 몰드식과 유입식이 있다. 유입식 변압기의 경우, 변압기 오일 최상부 지점에 온도센서를 설치하여 측정된 온도(top-oil temperature)로부터 권선최고온점(hot spot temperature)을 추정할 수 있다[8-10]. 몰드식 변압기는 권선부위에 온도센서를 설치하여 역시 권선최고온점을 추정할 수 있다[11-12]. 이 추정된 최고온점이 허용기준을 넘어서는 경우 화재위험지수 경보발령으로 판정하고 운전을 중지시킨다.

계통에서 과전압의 원인은 낙뢰, 선로의 사고, 차단기의 개폐동작 혹은 고장, 비선형/선형 공진, 부하의 급격한 변화, 캐패시터 스위칭 등으로 여러 가지가 있다. 전선로에 걸리는 고전압에 의해 권선의 절연이 파괴되어 결국 권선이 소손될 수가 있다. 그러나 피뢰기에 의해 보호가 되므로 실제로 일어날 가능성은 적지만 화재의 가능성을 고려해보면 한 번의 순간과전압에 의해 절연이 파괴될 수 있기 때문에 과전압 또한 수배전반 실무 사용자가 반드시 주시해야 할 항목이다. 본 논문에서는 정격 2차전압의 130[%]이상의 과전압이 발생시 화재위험확률 100[%]로 보았다.

마지막으로 3상 중에 결상이 생길 경우 과전류가 흐를수 있으며 이로 인하여 화재위험이 매우 크므로 결상을 검출하여 화재지수에 이용하였다. 각 상의 전류를 측정하여 어느 한상이라도 전류가 흐르지 않는다면 결상으로 판정한다.

본 논문에서는 이 5가지 요소에 대해서 각각 한계 기준치를 설정하였다. 5가지 요소중 어느 한가지라도 한계 기준치를 넘어서면 화재위험 가능성이 매우 높다고 보았다. 각 요소들의 한계기준치는 표 1과 같다. 그림 1은 화재지수 알고리즘의 흐름도를 보여주고 있다. 위험정도를 각 상태(state)로 표현하였으며, 상태 1(state 1)에서 상태 5(state 5)쪽으로 갈수록 화재확율은 높아진다. 상태 6(state 6)은 화재경보 수준이다.

표 1. 화재지수의 데이터들의 한계 기준치
Table 1. The upper limits for the data of fire index

데이터 한계 기준치	누설 전류	접촉 불량	변압기 최고 온 점	과 전 압	결 상
한계값	변압기 용량에 따라 누설전류 허용치가 다름	80℃	절연물 종류에 따라 허용온도다름	130 %	3상 전류 중 1상 전류가 0

본 논문에서는 또한 각 요소들의 허용기준 경계의 불확실성을 처리하기 위하여 퍼지소속함수(fuzzy membership function)을 적용하였다. 보다 효과적인 소속정도를 설정하기 위하여 Dombi가 제안한 S 형태의 소속함수를 사용하였다. 이 방법은 계수의 조정을 통해 사용자가 원하는 소속정도를 설정할 수 있는 장점이 있다. 한계설정치를 초과하지 않을 경우는 그림 1의 흐름도에 따라서 각 데이터를 뎀비가 제안한 퍼지소속함수(fuzzy membership function)에 대입하여 기대값을 구해낸다. Dombi의 소속함수는 식 (1)과 같이 정의된다[13].

$$\mu(x) = \frac{(1-v)^{\lambda-1}(x-a)^\lambda}{(1-v)^{\lambda-1}(x-a)^\lambda + v^{\lambda-1}(b-x)^\lambda} \quad (1)$$

여기서 a 는 구간의 하한치, b 는 구간의 상한치,

λ 는 곡선의 기울기, v 는 굴절점이다.

각각 계산된 $\mu(x)$ 에 적절한 가중치(weight) ω 를 곱하여 결과값을 도출한다. 식 (2)는 화재위험지수를 표현한 식이다.

$$S = \sum_{i=1}^N \omega_i \cdot \mu_i(x_i) \quad (2)$$

여기서 S 는 화재위험확률, ω_i 는 i 번째 데이터의 가중치, $\mu_i(x)$ 는 i 번째 데이터의 기대값, x_i 는 i 번째 데이터의 입력값이다.

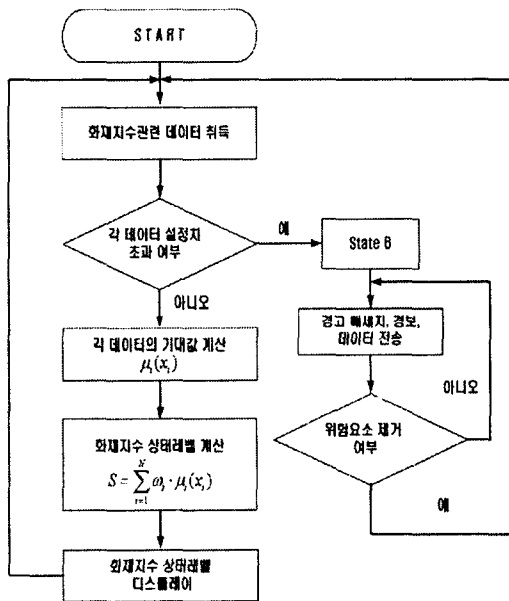


그림 1. 화재지수 알고리즘의 흐름도
Fig. 1. A flow chart of fire index algorithm

2.2 전력 컨디션 지수

수배전반을 운용함에 있어 가장 유용한 데이터 중에는 전기요금과 전력품질 데이터가 있을 것이다. 다시 말하면, 사용기기의 전력량과 전력품질을 일반적으로 사용자는 가장 궁금해한다고 할 수 있다. 전력컨디션 지수는 이런 관점에서 수배전반 관리자에게 가장 유용한 데이터를 보여주는 데 그 목적이 있다. 전력컨디션지수는 전압, 전류, 역률, 주파수, 불평

형율, 전압 왜형률로 구성을 하였다.

변압기 2차측에 흐르는 전류값을 CT를 통하여 측정하고 정상전류뿐만 아니라 과부하전류까지 백분율 형태로 표현하여 과부하 여부를 한눈에 보여준다. 과부하란 다시말해 변압기의 이용율이라 할수 있다. 그러나 부하의 불평형을 고려해서 가장 큰 상전류를 변압기 정격전류로 나누는 식 (3)을 최대 이용율 k_0 라 정의 하였다.

$$k_0 = \frac{\max(I_a, I_b, I_c)}{I_{Tmax}} \times 100 \quad (3)$$

여기서, I_{Tmax} 는 변압기 허용전류, I_a, I_b, I_c 는 a, b, c 각 상의 전류이다.

표 2는 국내 배전시스템의 전압 유지범위를 보여주고 있으며 전기사업법 시행규칙 제18조(전기의 품질 수준)에 의거하였다[14]. 기준전압이 유지범위를 벗어나는 경우 상태별로 정상, 주의, 점검요로 디스플레이한다. 예를 들어, 변압기 2차측 배전전압이 220[V]일 경우, 현재 전압이 213[V]~227[V] 사이라면 상태 1(정상)로 판정, 207[V]~233[V] 사이면서 상태 1을 넘어선다면 상태 2(주의)로 판정, 207[V]보다 낮거나 233[V]보다 높다면 상태 3(점검요)으로 판정한다.

공칭전압 [V]		전압유지범위 [V]
저 압	110	104 ~ 116
	220	207 ~ 233
	380	342 ~ 418
	440	414 ~ 466
고 압	6,600	6,000 ~ 6,900
특고압	13,200	12,000 ~ 13,800
	22,900	20,800 ~ 23,800

표 2. 우리나라 배전시스템의 전압유지 범위
Table 2. The range of voltage maintenance in distribution system of Korea

국내에서 부하역율은 90[%] 이상으로 유지해야한다. 역율 90[%]를 유지하면 전기요금에 불이익을 받지 않으며, 이 90[%]를 기준역율이라 총칭하고 있다.

기준역율을 유지하기 위하여 [콘덴서 설치용량 기준표]에 의한 적정용량의 콘덴서를 개개 사용설비별로 설치하되, 사용설비와 동시에 개폐되도록 해야 한다 [15]. 이때 사용자는 콘덴서의 부분 또는 일괄개폐장치 등을 설치하여 진상역률(進相力率)이 되지 않도록 규정되고 있다. 알고리즘에서는 역율 100[%]~90[%](기준역율)는 정상으로 표시하여주고, 90[%]~70[%]는 주의상태로써 표기하며 70%보다 떨어질 경우는 경보를 울려주고 주의 메시지를 출력한다. 진상역율이 될 경우는 역시 상황을 경보를 울려주고 “캐패시터를 차단하라” 등의 메시지를 출력한다.

전류 불평형(unbalance 혹은 imbalance)은 모든 3상의 평균 전류에 대한 각 상의 전류의 편차(deviation)으로 정의되며 식 (4)에 의해 계산될 수 있다[6]. 또는 이 전류불평형은 대칭분요소를 사용하여 정의할 수 있는데, 정상분요소(I_1)에 대한 역상분요소(I_2)의 비율에 의해 불평형율을 표현한다. 대칭분요소에 의한 정의는 식 (5)와 같다.

$$U_1 = \frac{3\max(|I_a|, |I_b|, |I_c|) - \min(|I_a|, |I_b|, |I_c|)}{(|I_a| + |I_b| + |I_c|)} \times 100[\%] \quad (4)$$

$$U_1 = \frac{I_2}{I_1} \times 100[\%] \quad (5)$$

본 논문에서 수배전반 변압기의 전류 불평형율을 계산하기 위해 식 (4)를 사용하였다. 국내 전류 불평형율은 3상 4선식의 경우 30[%], 단상 3선식의 경우는 40[%]를 초과하지 않도록 규정하고 있다[6]. 따라서 3상인 경우 30[%]의 불평형율, 단상의 경우 40[%]의 불평형율을 한계치로 설정하고 디스플레이 한다.

주파수를 살펴보면, 주파수 변동의 주원인은 매순간 전력의 수요와 공급 불일치이다. 공급이 부족할 경우 주파수는 떨어지며 과다하게 공급되면 주파수는 올라가게 된다. 외란에 민감한 부하가 있는 수용가가 있다면 일정한 주파수와 크기를 가지는 안정된 전압이 필요로하게 되며 정격주파수 60[Hz]일 경우 변동 한도범위는 ± 0.2 [Hz]으로 규정된다[14]. 따라서

± 0.2 [Hz]를 한계치로 설정하고 주파수의 변동을 시각적으로 디스플레이한다.

고조파 전류의 발생원은 대부분 전력전자소자를 사용하는 기기에서 발생한다. 서론에서 설명하였듯이 기존의 아날로그식 수배전반과 달리 최근 수배전반은 전자화, 디지털화 되어 전력전자소자가 많이 사용되고 있다. 고조파는 기본파에 대하여 그의 정수배를 갖는 주파수를 말하고, 통상 왜형파의 질을 나타내는 수치로 중합전압왜형율(Total Harmonic Distortion : THD) 및 고조파 함유율로 나타낼수 있다. 한국전력공사 전기공급 약관에 의하면 66[kV] 이하의 지중선로 및 가공선로가 있는 변전소에서 공급하는 수용가에 대하여 전압왜형율을 3[%]로 규정하고 있다[18]. 3[%]의 전압왜형율을 한계치 설정하고 시각적으로 디스플레이한다.

전력컨디션지수 알고리즘은 전력상태를 얼마나 효과적이고 시각적으로 사용자에게 표현해주느냐에 주 관점을 두고 있다. 따라서 화재지수 알고리즘과 달리 한계 기준치를 초과한다고 해서 바로 위험상태라고 판정하지 않고, 5가지 요소를 모두 조합하여 판정한다. 화재지수 알고리즘과 같은 방법으로 각 데이터에 따른 기대값을 구하여 상태를 디스플레이한다.

2.3 수배전반 안전지수

수배전반내에는 변압기, 피뢰기, 차단기, CT/PT 등 여러가지 기기가 통합되어 있지만 변압기가 그중 핵심요소이므로 변압기의 안전을 수배전반의 안전과 동일하게 보았다. 변압기의 정상적인 수명은 정격 운전 조건과 정상시 주위온도하에서 연속 운전하는 경우에 대한 예상 값이다. 과부하 및 정격보다 높은 주위 온도에서 변압기를 운전하는 것은 변압기 절연에 대한 어느 정도의 위험을 내포하며 열화를 가속시킨다. 열화가 지속될 경우 심하게는 변압기 절연유가 분출 및 폭발할 수도 있다[6]. 변압기 열화의 주된 원인은 과부하, 변압기 온도, 주변 온도이다. 따라서 수배전반 안전지수는 변압기 절연물 허용온도, 변압기 유온상승(K), 변압기 과부하의 3가지 요소를 조합하여 표현된다. 화재지수와 마찬가지로 Dombi의 퍼지소속함수가 사용되었다.

수배전반 안전지수에서는 각 요소들은 개별적으

로 기준을 초과하였을시 경보를 울리고 디스플레이가 되도록 하였다. 또한 우리는 변압기의 과부하상태를 변압기 수명(보통 30년으로 본다) 손실이 있는 상태로 정의하겠다. 과부하율이 기준을 초과하였어도 절연물 최고허용온도나 유온상승은 기준치를 초과하지 않을 수 있다. 직전 부하가 어느정도였느냐에 따라 다르지만 일반적으로 과부하상태가 장시간 동안 지속되어야 권선과 오일의 온도가 올라가게 된다. 즉, 과부하율이 단기간 지속된다면 변압기는 운전 가능하다[6]. 따라서 단순히 전류에 의한 과부하만으로 판정하지 않고 절연물 최고허용온도와 유온상승을 모두 고려하여 판정해야한다.

우선 어떤 요소가 기준을 초과할 경우 가장 수배전반의 안전에 영향을 미칠것인가를 생각해보아야 한다. 우선적으로 절연물 최고허용온도가 기준치를 초과할 경우 절연물질의 열화가 발생할 수 있고 더 나아가 사고로 확장될 수 있으므로 가장 주의해야할 요소이다. 두 번째로 변압기 온도상승(K)이 기준치를 넘어섰다는 것은 그동안 과부하가 계속 진행되어 권선의 온도가 상승하였음을 의미한다. 과부하의 경우 단기간 지속될 경우라면 큰 영향이 없다[6]. 따라서, 최상부유온이나 온도상승치중 어느 하나가 기준을 초과할 경우 다른요소와 관계없이 수배전반 안전에 영향을 준다고 보고 상태 6으로 판정한다. 그렇지 않다면 각 요소들을 소속함수에 대입하여 기대값을 구하고 각 기대값에 가중치를 곱하여 판정한다.

2.4 출력감쇄지수

수배전반내 변압기에서의 고조파와 같은 방해요인에 의한 변압기 출력 저하율을 보여주는 척도로서 전력감쇄지수를 구현하였다. 사용되는 요소는 변압기 이용율과 피더(feeder) 이용율이다. 이 두가지 요소는 고조파, 변압기 최고온점 및 선로 온도의 영향을 고려하였다.

변압기에서 전력고조파 발생시 와전류 손실이 발생하게 되고 이 손실정도를 식 (6)과 같이 k-factor로서 표현한다. 또한, 이 k-factor를 이용하여 식 (7)과 같이 변압기 용량 손실비(derating factor)를 계산할 수가 있다[16]. 변압기 용량 손실비를 이용하여 전력감쇄지수를 표현하는 알고리즘을 구현하였다.

$$k = \sum_{n=1}^N \left(\frac{I_n}{I_1} \times n \right)^2 \quad (6)$$

여기서 I_n 는 n차 고조파 전류의 실효값, I_1 는 부하의 기본파 전류의 실효값, n 은 고조파 차수를 나타낸다.

$$D_{tr} = \sqrt{\frac{1 + P_{ec}}{1 + P_{ec} \cdot k}} \quad (7)$$

여기서, D_{tr} 는 변압기 용량 손실비, k 는 k-factor, P_{ec} 는 와전류 손실을 나타낸다.

최종적으로 변압기 이용율 L_{tr} 은 식 (8)과 같이 정의된다. 식 (9), (10)은 측정하는 실부하 전류 i_{tr} 과 사용가능한 최대부하전류 I_{tr} 을 나타내며, I_{tr} 은 I_{max} , D_t , T_{tr} 의 함수로 구성되어있어 고조파와 변압기 온도를 고려하였음을 알 수 있다.

$$L_{tr} = \frac{i_{tr}}{I_{tr}} \times 100[\%] \quad (8)$$

$$i_{tr} = f(\max(i_{ta}, i_{tb}, i_{tc})) \quad (9)$$

$$I_{tr} = f(I_{max}, D_t, T_{tr}) \quad (10)$$

여기서, I_{max} 는 변압기 정격전류이다.

피더 이용율도 변압기 이용율과 같은 방식으로 계산한다. 전력감쇄지수는 2.1절의 전력컨디션지수와 같은 방법으로 변압기 이용율과 피더 이용율에 따른 기대값을 구하여 상태를 디스플레이한다.

3. 수배전반의 정보시각화 시스템 구성

3.1 하드웨어 시스템 구성

그림 2는 구현한 수배전반의 전체 하드웨어 시스템 구성을 나타낸다. 변압기 최상부 유온과 주위온도를 온도측정센서에 의해 측정하고 변압기 2차측에서는 CT/PT를 통하여 전류/전압치를 실시간 측정하며,

영상변류기(ZCT)에 의해 영상전류, 누설전류를 측정한다. 이 모든 측정데이터들은 진단장치에 저장되고 연산알고리즘에 의해 2장에서 설명한 4가지 지수들을 계산한다. 진단장치의 출력부에 터치스크린 PC 패널이 연결되어 있어 현장 사용자가 모든 데이터를 실시간으로 관찰 및 조작이 가능하다. 또한, 그림 2에서 볼수 있듯이 내부감시가 가능하며, 인터넷망을 통하여 중앙감시 제어가 가능함을 알수가 있다.

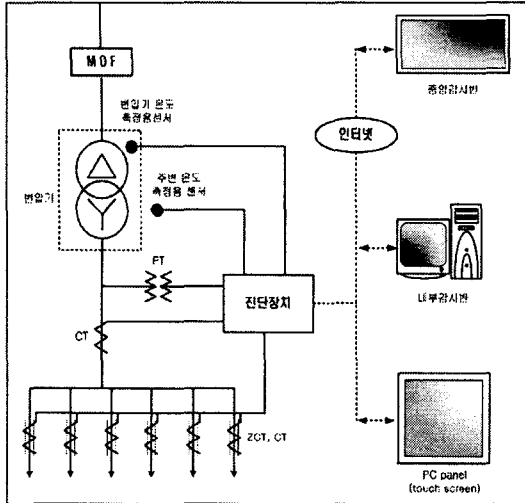


그림 2. 수배전반의 하드웨어 구성
Fig. 2. The hardware construction of the switchboard

3.2 PC 패널의 구성

애니메이션과 시각화 기법을 도입함으로써 창의성 및 어떤 직면문제에 대한 이해가 높아진다는 연구 결과가 있다[17]. 특히 3D 모델링, 3D 애니메이션, 컴퓨터 기반의 복잡한 문제 등을 이해하거나 학습하는데 시각화기법은 높은 효과가 있음을 보여준다. 이러한 시각화에 대한 연구는 다양한 분야에서 지속적으로 연구가 되고 있다. 복잡한 데이터의 그래픽 표현은 보는이가 데이터를 이해하는데 매우 큰 효과가 있다.

그림 2에서 PC 패널은 현장 사용자가 한눈에 현재 전력 사용상태 및 사용이력을 파악하고, 손쉽게 조작, 운용, 조치를 취할 수 있도록 그래픽 기법 도입 및 정보시각화가 이루어져야한다. 2장에서 제안한 4가지

지수들은 모두 PC 패널을 통하여 확인할수 있다.

또한, PC 패널을 전면 터치스크린(touch screen)으로 구성하였다. 터치 스크린은 다른 지시장비(pointing device)에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 우선, 터치스크린은 시각적으로 표현된 선택사항을 손으로 간단히 터치함으로써 생각하는 시간을 줄일 수 있고 쉽게 익힐수 있는 직접 조작의 형태로 구성되어있다. 둘째, 터치스크린은 굉장히 반응이 빠른 지시 장비(pointing device)중의 하나이다. 또한, 마우스나 키보드와 같은 다른 추가적인 작업환경이 필요하지 않다는 장점이 있다. 물론, 사람의 손을 감지하지 못할 가능성이라든지 다른 장비보다 높은 비용이 든다는 단점은 있지만 편의성과 조작성면에서는 터치스크린보다 좋은 지시 장비(pointing device)는 없다고 볼 수 있다.

이런 장점들 때문에 터치스크린은 특히 현금인출기, 홈 오토메이션, 박물관, 도서관, 의료기구 등과 같은 공공적인 정보시스템에 매우 효과적임을 알 수가 있으며, 최근의 수배전반과 같이 변압기, 개폐기, 피뢰기 등 여러가지 장비가 복합적으로 연결되어 있는 경우, 일반 운전시 뿐만 아니라 위급상황 발생시에도 신속하게 대처하는데 터치스크린은 매우 효과적임을 예측할 수 있다.

그림 3은 실제 구현된 터치스크린 PC 패널의 모습이다. 화면 구성시 무엇보다도 사용자의 편의성을 중요시 하였다. 화면 오른쪽 상단에서는 4가지 지수를 순차적으로 보여주고 비상스위치 버튼이 있어 위급상황 발생시 손쉽게 수배전반의 운전을 중지시킬 수 있도록 구성하였다. 중간의 메인화면에서는 현재 측정되고있는 계측 데이터들의 대한 정보를 개별적으로 볼수 있도록 구성하였다. 제시한 4가지의 알고리즘 외에도 수배전반 자가진단이나 전력, 전압, 전류 등의 예측 정보, 모든 계측 데이터를 통합하여 볼 수 있는 표준관리 메뉴가 포함되어 있다.

그림 4는 스위치 조작 메뉴를 보여주고 있다. 수배전반내의 차단기 및 팬(fan)이나 에어컨(air conditioner)과 같은 냉각장치의 스위치를 사용자가 직접 수배전반 외함을 열고 스위치를 직접 차단해야하는 번거로움 없이 스크린의 메뉴를 클릭(click)함으로써 간편하게 열거나 닫을 수 있다.

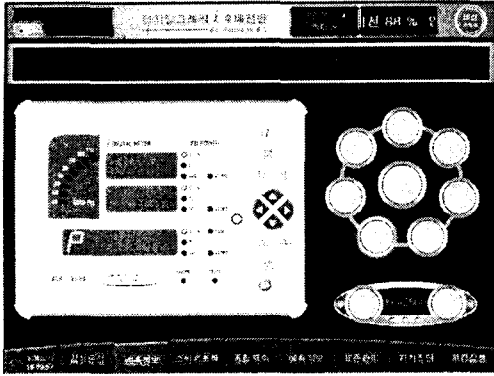
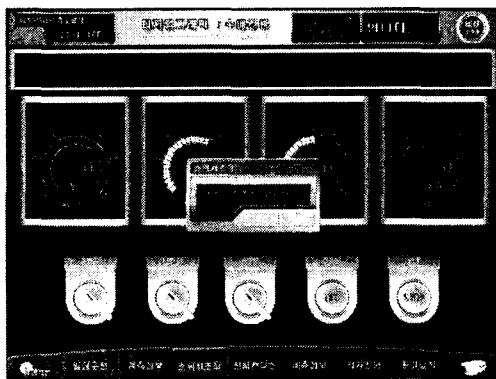


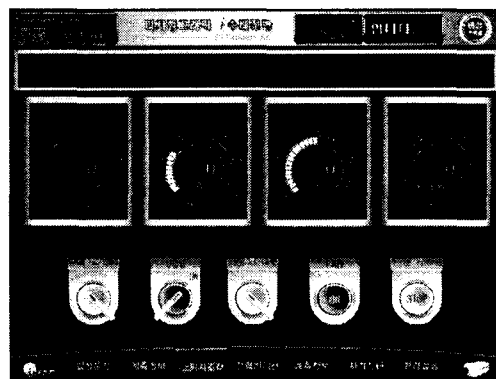
그림 3. PC 패널의 계측정보 화면
Fig. 3. A PC panel screen for measured information

그림 5는 화재지수, 전력컨디션지수, 수배전반 안전지수, 전력감쇄지수의 디스플레이 화면을 나타내고 있다. 각 지수들은 막대 그래프 형식으로 표현하여 초보자라도 보다 쉽게 현 상태를 파악할 수 있도록 구성하였다. 그림 5의 (a)를 보면 각 지수에 대한 자세한 설명을 덧붙여 전기적 지식이 부족한 사람이라도 이해하는데 어려움이 없도록 구현하였다.

그림 6은 실제현장에 설치된 수배전반으로부터 시간대별로 계측된 각 측정데이터들의 보고서 출력화면이다. 인터넷을 통하여 전력감시, 자가진단, 경보현황, 자료분석, 전력상태 보고서출력 등 다양한 기능을 사용자에게 제공하도록 시스템을 구성하였다.

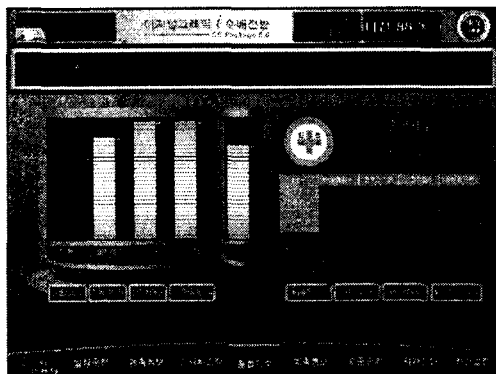


(a) 차단기 차단전



(b) 차단기 차단후

그림 4. PC 패널의 스위치 컨트롤 화면
Fig. 4. A PC panel screen for switch control



(a) PC 패널의 종합지수 화면



(b) PC 패널의 전력컨디션지수 화면

그림 5. PC 패널의 각 지수 표시 화면
Fig. 5. A PC panel screen for displaying all indices

- 보고서 -

공정명: 케이디파워 실험

KEC번호	[07403474]
시험일자	[2004]년 [02]월 [22]일 [13]시 ~ [2004]년 [02]월 [22]일 [19]시
시험장소	[06.0] [06.0] [06.0] [06.0]
시험목적	[06.0] [06.0] [06.0] [06.0]
시험장비	[06.0] [06.0] [06.0] [06.0]
시험결과	[06.0] [06.0] [06.0] [06.0]

시간	전압 (V)	전류 (A)	전력 (W)	효율 (%)	온도 (°C)	진동 (mm/s)	소음 (dB)	진동 (mm/s)	소음 (dB)		
01:00	22.8	283.0	6.46	40.0	47.0	33.0	78.0/14.0	27.5	-83.0	21.0	313.0
02:00	22.7	278.0	6.31	42.0	47.0	45.0	27.0/13.0	28.1	-85.0	18.9	297.0
03:00	22.8	277.0	6.31	40.0	43.0	45.0	27.0/12.0	27.9	-84.0	12.0	244.0
04:00	22.8	282.0	6.43	41.0	41.0	41.0	25.0/12.0	28.6	-82.0	1.0	294.0
05:00	22.8	280.0	6.38	40.0	44.0	35.0	25.0/11.0	24.9	-82.0	20.0	251.0
06:00	22.6	277.0	6.26	42.0	40.0	43.0	25.0/11.0	24.8	-85.0	4.0	241.0
07:00	22.7	276.0	6.26	45.0	46.0	44.0	24.0/10.0	25.9	-91.0	5.0	244.0

그림 6. 인터넷에 의한 보고서 출력화면
Fig. 6. Output report through the Internet

4. 결 론

본 논문은 사용자의 편의성 및 효율적인 데이터 관리를 위해 수배전반의 정보시각화에 관한 연구를 수행하였다.

수배전반내의 데이터를 실시간 측정하고 분석 및 조합하여 전문지식이 없는 초보자도 쉽게 현 상태를 파악할 수 있도록 4가지의 알고리즘을 구현하였다. 전기 화재를 예방하는 차원에서 화재확율을 지수로 표현하였고 고조파에 의한 변압기 출력의 감쇄율 정도를 표현하는 등의 새로운 개념의 시도도 이루어졌다. 수배전반의 여러가지 복잡한 기능을 사용자가 가장 편하게 조작할수 있도록 터치스크린의 도입하였고 한층 사용자인터페이스를 향상 시켰다. 그 결과로 자체 진단 기능을 갖춘 전력감시시스템을 개발하였다.

앞으로 배전계통의 중전기기는 일체화, 전자화, 디지털화가 더욱 급속도로 진행될 것으로 사료된다. 따라서 보다 효과적이고 사용자친화적인 정보시각화 기법의 개발은 지속적으로 이루어져야한다. 이런 정보시각화 전력감시시스템은 크게 알고리즘, 하드웨어, 소프트웨어 부분으로 나누어 볼수 있는데, 이 중에서 특히 진단시스템의 핵심이 되는 알고리즘의 개발 및 실용화를 위하여 더욱 체계적인 연구와 실험 및 시뮬레이션 등을 수행하여야 한다. 본 논문은 수배전반과 같은 중전기기의 발전 방향을 제시하였으며 관련 기준자료로써 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

- 감사의 글 -

본 연구는 (주) 케이디파워의 연구비 지원으로 수행된 것입니다.

References

- [1] Ivan Herman, "Graph Visualization and Navigation in Information Visualization : ASurvey", IEEE Trans. on Visualization and computer graphics, Vol. 6, No. 1, pp. 24-43, 2000.
- [2] Readings in Information Visualization, S.K. Card, J.D. Mackinlay, and Bshneiderman, eds. Morgan Kaufmann, 1999.
- [3] G. di Battista, P. Eades, R. Tamassia, and I.G. Tollis, Graph Drawing : Algorithms for the Visualization of Graphs. Prentice Hall, 1999.
- [4] Haeblerli, P., "ConMan : A Visual Programming Language for Interactive Graphics", ACM SigGraph '88, pp. 109-111, 1988.
- [5] 중장기 전기안전정책 연구방향 1, 산업자원부, 2003년 2월.
- [6] 배전용 변압기 최적 부하관리 방안 연구, 한국전력공사, 2003년 1월.
- [7] 주상변압기 부하관리 개선에 관한 연구, 한국전력공사, 1999년 2월.
- [8] IEEE Std. C57.12.90, IEEE Std Test Code for Liquid Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers and IEEE Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers, 1993.
- [9] IEEE Std. C57.12.100, IEEE Std Test Procedure for Thermal Evaluation of Oil-Immersed Distribution Transformers, 1999.
- [10] IEEE Std. C57.91, IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Overhead and Pad-Mounted Distribution Transformers Rated 500kVA and Less with 65°C or 55°C Average Winding Rise, 1981.
- [11] IEC 60076-2, Power Transformers-Part 2 : Temperature Rise, 2001.
- [12] IEC 60076-11, Power Transformers-Part 11 : Dry-Type Transformers, 2001.
- [13] J. Dombi, "Membership Function as an Evaluation", Fuzzy Set and Systems, 35, pp. 1-21, 1990.
- [14] 전기사업법 시행규칙 제18조 제 1항(전기의 품질수준), 산업자원부, 2002년 12월.
- [15] 21C 고신뢰 고품질 신배전계통 구축에 관한 연구, 한국전력공사, 2003년 9월.
- [16] George J.Wakileh, Power Systems Harmonics, Springer, 2001.
- [17] Zdravkovic, V., "Raising Creativity and Understanding of Problems During Learning Computer Visualization Applications by Using Animation and Visualization, Advanced Learning Technologies", International Workshop on IWALT, pp. 296-297, Dec. 2000.
- [18] 제철수용가 전기품질(플리커, 고조파) 측정 및 분석 보고서, 한국전력공사, 1999년 11월.

◇ 저자소개 ◇

강봉석 (姜奉奭)

1978년 3월 25일생. 2003년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2003~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.
E-mail : bskang@ee.ssu.ac.kr

김재철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대학교 전기공학과 교수.
E-mail : jckim@ee.ssu.ac.kr

문종필 (文鍾必)

1977년 5월 27일생. 2000년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정.
E-mail : pichard@ee.ssu.ac.kr

박기주 (朴鎭朱)

1959년 7월 30일생. 1985년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1989년~현재 (주) 케이디파워 대표이사.
E-mail : pgj123@kdpower.co.kr

권영복 (權營福)

1966년 11월 22일생. 현재 대림대 전기과 재학중. 1999년~현재 (주) 새론소프트 대표이사.
E-mail : ybkweon@saeronsoft.com