

전력품질 모니터링 시스템 : User-Friendly-GUI 및 분석 그래프 표준

김 영 일*, 한 진 희, 윤 태 옥
LG산전 전력연구소

A Power Quality Monitoring System(PQMS) : A Standard of User-Friendly-GUI & Analysis Graphic Representation

Young-Il Kim*, Jin-Hee Han, Tai-Wook Yoon
LGIS R&D Center

Abstract - Recently, with the increasing use of power semiconductors and microprocessors which are very sensitive to little change of power quality and for coping positively with anticipating power quality disputes between power providers and consumers which are possible to occur by of power market being formed, the power quality problem has gained preponderance among the contemporary research areas. To serve these purposes, the integrated system has been researched and developed for power quality analysis and monitoring, which provides speedy and powerful functions by the growth of computer hardware and information technology. But the advent of fast and lower price hardware make little difference in an application on many systems. As a result, the key issues of constructing power quality monitoring system are in the management of data obtained, accurate algorithms, graphic representation and user-friendly-environment for easy and clear analysis results. So, in this paper it will be introduced that the standard of user-friendly-GUI(Graphic User Interface) and analysis graphic representation for intuitive understanding of results from power quality analysis based on consideration of several systems currently being in use.

1. 서 론

최근, 전력품질에 민감한 기기 등의 증가와 현재 국내에서도 진행 중인 전력산업 구조개편에 따른 전력시장 형성으로 전력 공급자와 수요자간 전력품질에 대한 논쟁의 발생 빈도가 높아질 것이라는 자명한 결과를 예측할 수 있는데, 결과적으로 이러한 논쟁에 적극적으로 대처하기 위해 공급자와 수요자 모두 전력품질에 대한 높은 관심을 보이고 있다. 따라서 전력품질 문제에 적극적으로 대처하고 합리적인 문제해결 방안을 찾기 위해 전력 품질을 분석, 모니터링 함으로서 문제점을 발견, 명확한 근거를 제시하고 더 나아가 발생 가능한 문제에 대해서까지 예측할 수 있는 진단기능 까지 포함한 포괄적 시스템이 연구, 개발되고 있다.

전력품질 모니터링 시스템은 최근 저가의 하드웨어와 빠른 통신 및 데이터 처리 등 IT기술의 접목으로 시스템 간 성능의 차이를 기대하기 어렵다. 결국 전력품질 모니터링 시스템 구축의 주요 안건은 취득한 데이터 관리에서부터 정확한 분석 알고리즘, 그리고 분석한 결과를 쉽게 인지할 수 있는 그래프 표현과 사용자 친화적인 GUI 환경이라 볼 수 있다.

본 논문에서는 개발한 시스템과 현재 개발되어 운용되고 있는 전력품질 모니터링 시스템의 사용자 친화적인 GUI 환경 및 그래픽 표현을 소개, 정리하여 그 기준을 정의하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전력품질 측정기기(시스템)

과거 전력품질이란 주파수 유지율, 규정 전압유지율 및 정전 등 크게 3대 요소로 전력품질 항목이 다양하지 않았다. 이후 전력품질에 민감한 기기의 등장으로 다양한 전력품질이 정의되었으나 초기 측정 방식은 문제가 발생한 위치에 측정기기를 설치하여 데이터를 취득하는 정도의 개념이었는데, 이는 문제 발생 이후의 데이터만을 분석하는 방식이므로 명확한 분석이 어려웠다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재는 시스템에 상시 연결되어 데이터를 취득하고 통신을 통해 중앙에서 데이터를 관리, 분석하는 통합 시스템화 경향을 보이고 있다.

2.1.1 Hand-Held, Portable 형식

Hand-held나 portable 형식은 전력품질의 관심이 높아지기 이전부터 개발되어 사용되었는데, 장점은 하드웨어의 소형화로 이동이 쉽다는 점과 하드웨어 기술의 발달로 소형화에 못지않은 다양한 기능을 가지고 있는 점이다. 반면 가장 큰 단점은 상시 계통을 감시할 수 없다는 점으로 계통에서 사고 등 문제가 발생할 경우 문제 해결을 위해 필요한 데이터를 얻지 못할 수도 있다.

2.1.2 시스템 형식

시스템 형식은 계통에 상시 연결되어 데이터를 취득하고 취득한 데이터를 통신을 통해 중앙으로 전달, 중앙에서 전력 품질을 분석, 감시할 수 있는 형식이다. 시스템 형식은 계통에 연결되어 데이터를 취득하고 분석하는 모듈, 데이터 전송을 위한 통신, 통신을 통해 전달된 데이터를 저장, 관리, 감시 기능의 중앙 컴퓨터(상위 시스템)로 크게 나누어 생각할 수 있다.

데이터를 취득, 분석하는 모듈은 데이터를 취득하는 meter와 분석하는 analyzer가 통합된 형태와 한 대의 analyzer에 여러 meter가 연결된 분리형태로 나누어 생각할 수 있다. 한 대의 analyzer에 여러 meter가 연결된 방식은 상대적으로 저가의 meter를 여러 곳에 설치하여 사고발생 시 정확한 발생위치 및 전력품질 오염원 등 세부적인 정보를 감시하고자하는 방식인데, 이는 analyzer가 고도의 빠른 데이터 처리속도를 갖기 때문에 가능한 방식으로 하드웨어 비용절감 효과를 기대할 수 있다. 그러나 최근 인터넷을 활용한 전력품질 감시 시스템에서는 analyzer 기능이 고급화되어 그 자체가 인터넷상에서 서버 역할을 대신하는 경우도 있는데, 이런 경우는 하드웨어 비용절감 측면은 없지만 인터넷을 통한 다양한 기능을 제공하는데 그 목적이 있다. Analyzer와 meter 통합형은 저가의 하드웨어 공급이 가능함에 따라 실현 가능한 방식으로, 분리형태보다 상대적으로 가격은 고가이나 하드웨어 간 시스템 구축은 쉬운 장점이 있다.

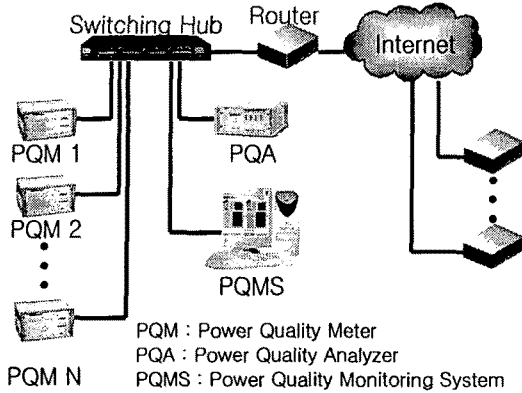


그림 1. 전력품질 모니터링 시스템

그림 1은 전력품질 모니터링 시스템 구성을 포괄적으로 나타낸 그림으로, 좌측의 switching-hub와 연결된 한 대의 analyzer와 여러 meter 그리고 PQMS가 연결되어 독립적인 시스템이 구성될 수 있으며, 이러한 방식은 변전소나 공장 등 규모 있는 계통에 적용하여 중앙에서 전력 품질을 모니터링 하는 방식이다. 그리고 그림에서, 좌측 시스템이 라우터(router)를 통해 인터넷과 연결되고 또 PQA나 PQMS가 네트워크 상에서 전력품질 모니터링 서비스를 제공할 수 있는 웹서버(web-server)급으로 구축되었을 경우 인터넷을 통한 전력품질을 모니터링 할 수 있는데, 이러한 시스템은 외부에서 인터넷을 통해 감시할 수 있으므로 사업장이 거리상으로 떨어져 있거나 규모가 큰 계통에 적용하여 중앙에서 전력 품질을 모니터링 할 수 있다.

2.2 전력품질 모니터링 시스템 : User-Friendly-GUI 및 분석 그래프

현재 국내의 개발되어 운용되고 있는 여러 전력품질 모니터링 시스템은 서로 다른 GUI 환경을 통해 전력품질 항목별 파형이나 분석결과를 전달한다. 따라서 사용자 관점에서 유용한 기능의 GUI 환경 및 그래프 표현을 정리하면 다음과 같다.

2.2.1 User-Friendly-GUI

대부분 윈도우 환경의 GUI는 전력품질 항목별 설정치 값을 벗어났을 경우 이벤트 발생을 통해 사용자가 쉽게 인식할 수 있는 형식으로 구성되어 있다. 그리고 이벤트 발생시 경보(alarm) 및 핸드폰을 사용한 문자 메시지 전송 등 여러 유용한 기능이 도입, 구현되고 있다. 스크로프 모드 형식으로 실시간 파형을 확인할 수 있으며, 데이터베이스 내의 데이터를 읽어 전력품질 경향(trend) 및 과거 데이터 확인, 근거자료로 사용할 수 있다. 그리고 리포트 생성 기능을 포함하여 보고 및 근거 자료로 사용할 수 있다.

○ 이벤트 윈도우

다음 그림은 개발한 전력품질 모니터링 시스템의 주 화면으로, 전력품질 저하 이벤트 발생시 과거 이벤트를 포함, 이벤트 중심으로 문제를 확인할 수 있도록 별도의 이벤트 윈도우(좌측 윈도우)를 사용하고, 이벤트 정보는 이벤트 윈도우 내부에 있는 리스트에 정리하여 간결하고 여러 편리한 기능을 갖도록 한다.

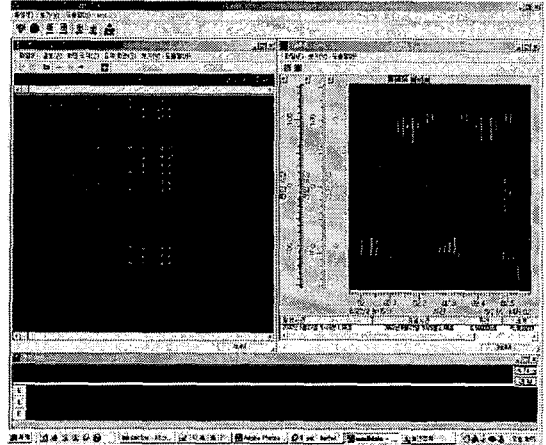


그림 2. 이벤트 윈도우

이벤트 윈도우 기능을 정리하면 다음과 같다.

- 이벤트 종류 구분 : 이벤트 종류별 텍스트 색상을 다르게 설정하여 시각적으로 구분
- 이벤트 세부데이터 확인 : 이벤트 선택 시 발생시점 전후 데이터를 포함한 파형 확인(우측 윈도우)
- 이벤트 종류, 발생시점, 발생위치, 상(phase) 정보 포함
- 이벤트별, 발생시점별 정렬기능 : 통신 지연 등으로 이벤트 발생시간 순서와 리스트 등록순서가 일치하지 않을 수 있으므로 최소 발생시점별 정렬기능 포함
- 이벤트 삭제기능 : 이벤트 누적 또는 사용자가 원하는 이벤트 정보를 삭제

그림 2에서, 좌측 이벤트 윈도우에서 사용자가 특정 이벤트를 선택(클릭)하면 우측 윈도우 상에 이벤트 발생 전후 데이터를 포함하여 세부데이터(파형)를 확인할 수 있다.

○ 이벤트 경보

이벤트 경보는 문제발생시 즉각적 확인 및 대처하기 위한 기능으로, 감시 하에서는 시청각 기능을 통해 관리자에게 전달할 수 있고, 무선통신 매체를 통해서 공식시에도 관리자에게 경보메시지를 전달할 수 있는 유용한 기능까지 포함할 수 있다.

- 이벤트 발생 시 발생시점 직후 일정시간(최근 발생한 이벤트 구분) 동안 텍스트 문자 깜박거림(배석 시 시각)
- 이벤트 발생 시 컴퓨터 내부의 사운드를 이용한 경보(alarm) 기능(배석 시 청각)
- 이벤트 발생 시 호출기(pager)나 핸드폰에 이벤트 종류, 발생시점 정보를 포함한 문자메시지 전달(공식시)

○ 계통 구성도

계통 구성도는 시스템이 설치된 계통의 구성을 한눈에 확인할 수 있는 시각적 기능 외에 설치한 meter 또는 analyzer의 정보변경 시 구성도 상에서 직접 설비를 선택하여 정보를 편집할 수 있는 기능, 그리고 이벤트 발생 시 발생 위치를 구성도 상에서 시각적으로 경보를 나타낼 수 있는 기능 등 여러 편리성을 제공한다.

○ 실시간, 경향(Trend) 그래프 윈도우

실시간 또는 데이터베이스에 저장된 데이터를 스크로프 모드처럼 파형으로 표현하여 경향(trend)을 확인할 수

있다. 실시간 파형을 통해 얻을 수 있는 정보는 한정되어 있지만 스코프 모드는 기본적인 기능으로 추이를 볼 수 있는 좋은 표현방법이다. 이러한 기능의 윈도우는 별도로 구성하여 동시에 여러 위치의 품질을 파형으로 확인할 수 있도록 한다.

○ 전력품질 지표 기준값 변경

전력품질 지표는 품질항목별 정의한 지표에 따라 이벤트 발생 여부를 판단하는 기준이 된다. 전력품질에 따라 오동작하지 않고 정상적인 동작이 가능한 품질의 기준이 상이한 점을 감안하여 설치된 사이트별 특성을 반영할 수 있도록 전력품질 지표를 정의할 수 있는 유연성을 갖아야 한다. 그러나 전력품질 지표 기준값 변경은 사이트별 유연성을 주지만 추후 진단 등의 기능이 추가되어 이벤트 정보가 공유될 경우 데이터 공유가 발생하므로 신중히 고려하여 상호 호환(적용)되도록 처리해야 한다.

○ 리포트(Report) 생성기능

주기적으로, 이벤트 발생시, 최악의 이벤트 발생시 자동 리포트 작성 기능을 포함하고, 사용자 의도를 반영할 수 있도록 워저드(Wizard)를 통해 작성 할 수 있는 기능을 포함해야 한다. 그리고 리포트 파일 형식은 작성 후 별도의 워드 편집 툴을 통해 편집 가능하도록 상용되는 형식(MS Word 형식 등)을 지원해야 한다.

○ 다양한 그래프, 도표 컴포넌트

다양한 전력품질 항목의 분석결과를 사용자에게 직관적으로 전달하기 위해서는 항목에 적합한 그래프 또는 도표가 제공되어야 한다. 대표적으로 전압, 전류 값은 파형으로 표현될 수 있으며, 실효값의 변화, 그리고 벡터도(Phasor Diagram)로 표현할 수도 있다. 그리고 고조파 분석시 각 차수별 고조파 함유율을 나타낼 수 있는 통계형 도표나, 전압 sag에 대한 영향을 표현하기 위해서 CBEMA(Computer Business Equipment Manufacturer Association), ITIC(Information Technology Industry Council) 차트 등의 다양한 분석적 그래프를 통해서 분석결과를 전달한다. 그림 3은 대표적으로 CBEMA 곡선을 나타낸 그림이다.

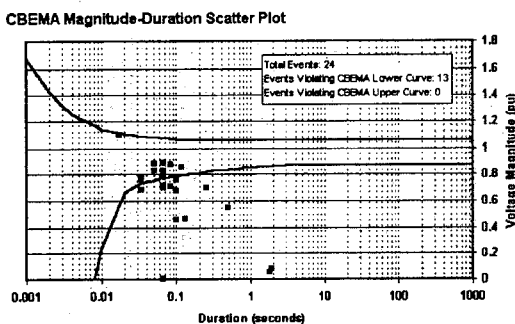


그림 3. CBEMA 곡선

○ 그래프 구간별 확대/축소(Zoom In/Out) 기능
파형 등 데이터를 그래프 상에 표현할 때 전체 그래프 상에서 특정 영역을 마우스로 선택하여 확대/축소할 수 있는 기능으로, 특정 시간대별 등 변수(x축)에 따른 세부적인 파형(데이터)을 확인할 수 있는 기능을 포함한다.

2.2.2 분석 그래프

전력품질 모니터링 시스템의 목적은 전력품질을 분석하기 위한 것으로 분석결과를 가장 간결하고 명확하게 그

래프나 도표로 통하여 직관적으로 이해할 수 있도록 해야 한다.

○ 전압, 전류의 Trend, 실시간 데이터 그래프

대표적으로 전압, 전류의 경향, 실시간 데이터는 일반적인 스코프 모드에서 볼 수 있는 파형과 같이 시간에 대한 크기(파형)를 표현할 수 있어야 한다. 그림 2에서 우측 윈도우 그림과 같이 시간변화에 따른 크기를 파형으로 나타낸다.

○ 전압, 전류 벡터 다이어그램

제통에서 상 불평형과 전압과 전류의 위상차로 영상, 역상 전류가 흐르고 효율이 떨어지기 때문에 전압과 전류의 위상차 및 전압 또는 전류에서 각 상별 크기 및 위상차를 나타낼 수 있는 벡터 다이어그램으로 표현할 수 있어야 한다.(그림 3, 참조)

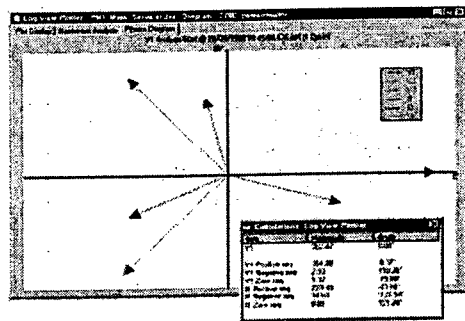


그림 4. 벡터 다이어그램

○ Sag(순시 전압 강하), Swell(순시 전압 상승), Interruption(정전)

전력품질을 나타내는 중요한 지표중의 하나인 sag나 swell, interruption을 표현하기 위해서는 먼저 시간에 따른 RMS값의 pu값이나 퍼센트 값(%Value)의 추이를 표현할 수 있어야 한다. 그림 5는 RMS값의 변화를 나타낸 그림이다. 그리고 sag나 swell, interruption의 통계적 분석을 위하여 SARFI(System Average RMS variation Frequency Index) 인덱스로 표현하는데, 이 정보는 다양한 방식으로 표현될 수 있다.

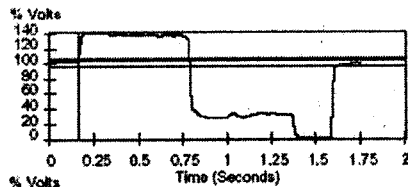


그림 5. 전압 RMS값 변화 그래프

그림 6은 통계적 분석을 위한 도표로, RMS값 크기에 대한 sag 발생빈도를 나타낸 도표이다. 이 도표 외에 RMS값 변화의 지연에 대한 sag 발생빈도를 나타낸 도표가 있고, 그림 7은 RMS값 크기와 RMS값 변화의 지연에 대해서 발생한 sag를 나타낸 3차원 도표이다. 3차원 표현은 동시 분석이 가능하지만 막대그래프가 중첩될 경우 정확한 분석이 어렵다. 그러나 도표 6과 같은 2차원 도표는 각각의 목적에 부합한 결과의 분석은 용이하지만 통합분석이 어려운 단점이 있다.

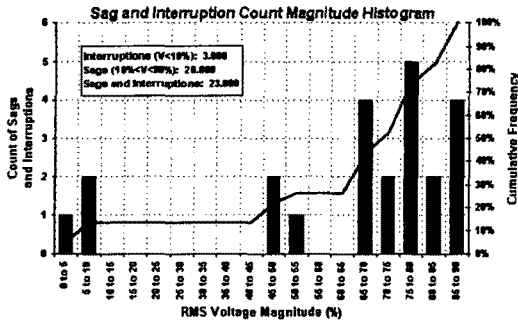


그림 6. Sag 발생빈도-크기 도표

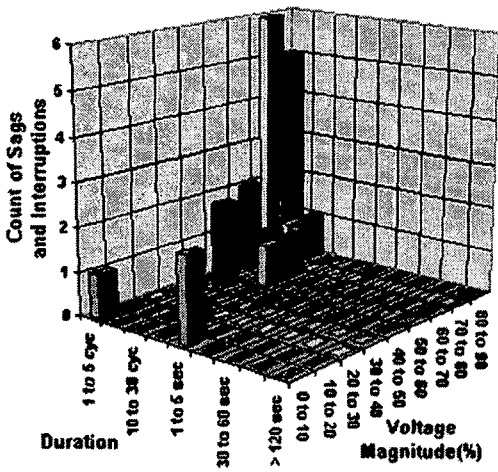


그림 7. Sag 발생빈도-크기-지연 도표

○ 왜곡파형 (Harmonics, Notching, Noise)

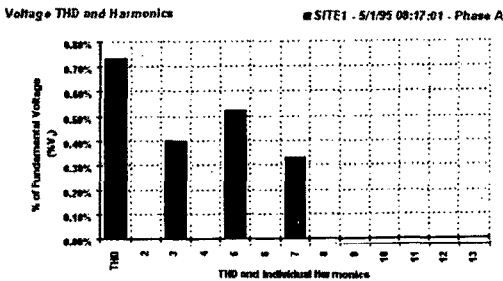


그림 8. 차수별 고조파 함유율 도표

파형의 찌그러짐(왜곡) 정도를 나타내기 위해서, 시간에 대한 파형의 크기, 즉 왜곡된 파형(크기)을 직접 표현방법이 있는데 이것은 구체적인 분석 정보를 얻기는 어려움이 많다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위한 다른 표현으로는 왜곡된 파형에 포함되어 있는 여러 차수의 고조파 포함비율을 수학적으로 분석하여 통계적으로 표현하는 방법이 있다. 그림 8은 왜곡된 파형을 분석하여 포함된 고조파 비율을 도표로 나타낸 것이다.

○ 불평형 전압(Voltage Imbalance)

불평형 전압은 시간에 따라 각 상의 크기를 3상 평균

전압으로 나는 퍼센트 불평형률 값을 표현하여 불평형 정도의 경향을 볼 수 있는 그래프와 불평형률에 따른 발생빈도를 나타낸 통계적 도표로 나타낼 수 있다.

○ 주파수 변화(Power frequency variation)

주파수 변화는 시간에 대한 주파수 값을 그래프로 표현하여 주파수 변화 추이를 볼 수 있는 방법과 통계적으로 주파수에 대한 발생빈도를 도표로 나타내어 주파수 변화가 자주 발생하는 대역 및 변화에 대한 발생빈도를 확인할 수 있다. 그림 9에서 주파수 변화가 가장 빈번하게 발생하는 대역은 59.9Hz 영역에서 발생하고 59.4Hz 미만까지 주파수가 변화하지 않음을 도표를 통해 확인할 수 있다.

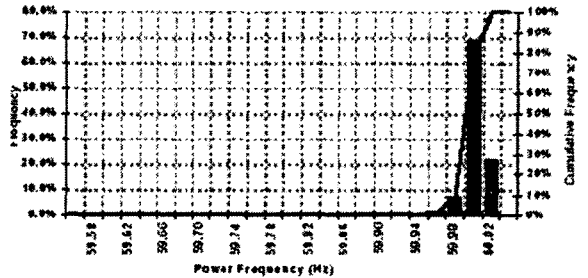


그림 9. 주파수 변화 도표

3. 결 론

지금까지, 개발한 전력품질 모니터링 시스템과 이미 개발되어 설치, 운용되고 있는 여러 선진사 전력품질 모니터링 시스템의 GUI 구성 및 대표적인 전력품질 항목별 그래프에 대해서 분석, 나열하였다.

이벤트 중심의 화면구성을 통해 전력품질 지표를 벗어난 품질저하 시 이벤트가 발생하고 이벤트 정보를 매개체로 세부 데이터를 확인할 수 있는 GUI 구성 및 경고 기능을 포함하여 사용자에게 정보를 신속히 전달할 수 있는 기능은 신속한 문제해결에 많은 도움이 될 것이다.

전력품질 모니터링 시스템은 단적으로 전력품질 지표를 모니터링하기 위한 시스템으로 전력품질의 직관적 판단이 중요한 주요 기능으로 볼 수 있다. 따라서 문자나 표를 이용한 정보전달 외에도 직관적 판단을 위한 다양한 그래프나 도표, 즉 그래프 기능이 제공되어 사용자가 전체적인 분석 및 분할 분석이 쉽게 이루어져야 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] IEEE Std 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", 1995
- [2] Mark McGranaghan, "Trends in Power Quality Monitoring", IEEE Power Engineering Review, October 2001
- [3] 한국전력공사 배전처 "Power Quality 기술자료집", 2002. 5
- [4] URL: <http://www.pwrn.com/>
- [5] URL: <http://www.powermonitoring.com/>
- [6] URL: <http://www.pqview.com/>
- [7] URL: <http://www.signaturesystem.com/>
- [8] URL: <http://www.electrotek.com/>
- [9] URL: <http://www.dranetz-bmi.com/>