

## 전력품질 감시 시스템 개발(1): 전력품질 데이터베이스 설계

김영일\*, 방순정, 한진희, 윤태욱  
LG산전 전력연구소

### Development of Power Quality Monitoring System(PQMS) : Database Design for PQMS

Young-Il Kim\*, Soon-Jung Bahng, Jin-Hee Han, Tae-Wook Yun  
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 power market being formed according to the reorganization of the power market, power providers and consumers show much interest in the power quality problem. This situation makes the demand creation of integrated system for power quality analysis and monitoring based on speedy and powerful functions by the growth of computer hardware and information technology, and besides advanced corporation already have created and employed power quality analysis and monitoring system. In this papers, it will be introduced that power quality database design-database is essential to integrated system-for managing effectively and confidently data from the power quality meters(PQM).

#### 1. 서 론

최근 전력품질에 민감한 기기의 증가와 전력산업 구조 개편에 따른 전력시장 형성으로 전력공급자와 수요자 모두 전력품질에 대한 관심이 증가하고 있고, 이미 선진사에서는 이러한 요구를 만족할 수 있는 전력품질 감시 시스템을 개발, 운용하고 있다. 이러한 시스템을 통하여 사용자는 전력 품질을 분석, 문제점을 규명하고, 현장에 적합한 설비를 설치하거나 부하를 적절히 분산(시간대 별, 용량 별 등)하여 문제를 적극적으로 대처할 수 있다. 본 논문에서는 관계형 데이터베이스(RDB)를 중심으로 일반적인 데이터베이스 개념을 생략하고, 전력품질 감시 시스템 개발을 위한 전력계통 분야의 전력품질 도메인 분석결과를 토대로 전력품질 데이터 간의 상호관계를 정의하여 전력품질 미터로부터 전송된 관련 데이터를 신뢰성 있고 효율적으로 관리하기 위한 전력품질 데이터베이스 설계를 소개하고자 한다.

#### 2. 본 론

과거 전력품질이란 주파수 유지율, 규정 전압유지율 및 정전 등 크게 3대 요소로 규정되는 개념으로 전력품질 항목이 다양하지 않았다. 이후 전력품질에 민감한 기기의 등장으로 다양한 전력품질이 정의되었으나 초기 품질측정은 문제가 발생한 위치에 측정기기를 설치한 후 짧은 시간 동안 취득한 데이터를 사용하여 분석을 실시하였기 때문에 문제에 대한 명확한 분석이 어려웠다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재는 전력계통에 상시 연결되어 연속적으로 취득한 데이터를 통신을 통해 중앙으로 전송, 중앙에서 데이터를 관리, 분석하는 통합 시스템화 경향을 보이고 있다.

##### 2.1 전력품질 측정 방식

Hand-held나 portable 형식은 전력품질의 관심이 높아

지기 이전부터 개발되어 사용되었고, 장점은 하드웨어의 소형화로 필요한 위치에 쉽게 이동, 설치할 수 있는 점이다. 그리고 하드웨어 기술의 발달로 소형화에 못지않은 다양한 기능을 제공하고 있으나 가장 큰 단점으로 상시 계통을 감시할 수 없다는 점이며, 결국 계통에서 사고 등 문제가 발생할 경우 문제 해결을 위해 필요한 데이터를 얻지 못할 수도 있다. 결과적으로 이러한 단점을 보완하기 위해 계통에 상시 연결되어 데이터를 연속적으로 취득, 저장한 후 분석까지 수행하는 통합 시스템 양상을 보이고 있다. 전력품질 감시 통합 시스템은 연속적으로 데이터를 취득하여 전력품질의 이상유무를 감지하고 문제 발생 시 관련 데이터를 전송하는 모듈(PQM), 데이터 전송을 위한 통신 기능, 통신을 통해 전달된 데이터를 저장, 관리하기 위한 데이터베이스, 데이터베이스로부터 데이터를 읽어 분석을 수행하는 상위 프로그램(분석 프로그램)으로 나누어 생각할 수 있다. 그림 1은 대표적인 전력품질 종합 감시 시스템의 구성을 나타낸 그림으로, 데이터베이스와 연계된 전력품질 감시 시스템을 나타낸 것이다.

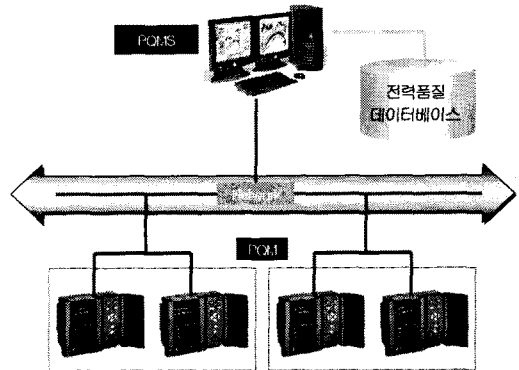


그림 1. 전력품질 종합 감시 시스템 구성

##### 2.2 전력품질 데이터, 데이터베이스 특성

전력품질 미터로부터 전송되는 데이터는 시스템 구성 및 정밀분석 정도에 따라 저장, 관리되는 데이터 량에서 많은 차이를 보이고 있지만, 1사이클(Cycle) 당 128 샘플링(Sampling) 이상의 고정밀도 분석이 수행된다고 가정한다면 계통에서 이상현상이 오랜 시간동안 지속될 경우 많은 량의 데이터(전압/전류 Raw 데이터)가 전송된다. 그리고 여러 전력 기본계측 항목(전압/전류, 주파수, 역률, 전력 등)의 트렌드(추이) 및 고조파 트렌드 정보를 관리하기 위해서 연속적으로 매 주기 많은 량의 데이터가 전송된다.

전력품질 데이터는 객관적인 데이터를 취득, 저장한 후 분석수행을 목적으로 하기 때문에 일반 데이터 관리의 측면과 달리 편집 작업이 수행되지 않으며, 통신 에러

및 다른 이유로 불명확한 데이터에 대해서도 추측된 값을 사용하지 않는다. 따라서 데이터베이스에 저장된 전력품질 데이터는 삭제, 변경이 거의 발생하지 않기 때문에 데이터 편집과 튜닝을 고려한 설계에 많은 비중을 부여할 필요는 없다.

### 2.3 전력품질 데이터베이스 설계

전력품질 데이터는 계통에 연결된 전력품질 미터로부터 데이터가 전송된다. 이것은 단적으로 전력품질 관련 모든 데이터는 전력품질 미터와 연관된 데이터임을 알 수 있으며, 따라서 이후 데이터베이스 설계를 수행하기 위해 소개되는 다양한 데이터 간의 연관관계는 전력품질 미터정보를 중심으로 이루어지게 된다.

#### 2.3.1 전력품질 미터(PQM) 데이터

모든 전력품질 데이터는 미터정보와 연관되어 있는데, 관계형 데이터베이스 설계측면에서 이러한 연관관계는 참조키(외래키, Foreign Key)로 표현된다. 참조키는 RDB에서 데이터 간의 관계를 정의하기 위해 필수적으로 표현되어야 하는데, 데이터 간의 관계가 복잡할 수록 참조키 반복으로 데이터 양이 커지게 된다.

단일 시스템에 연결될 수 있는 미터를 20여대 이내로 가정한다면, 전력품질 미터정보 자체의 데이터량은 상대적으로 무시할 수 있지만 여러 테이블에서 미터정보 테이블을 참조하게 되므로 다른 테이블로부터 참조되는 미터정보 테이블의 주요키(Primary Key)-주요키, 유일키(Unique Key)만이 참조될 수 있다-는 여러 테이블에서 반복적으로 사용되어 무시할 수 없다. 따라서 이러한 데이터 간의 관계를 고려하여 반복으로 인한 데이터 양을 줄이고 데이터 관리 측면에서 최소 크기 데이터 타입으로 미터정보를 구분할 수 있는 키(주요키)를 정의해야 한다. 그림 2의 PQMETER 테이블에서 미터정보를 구분하기 위한 구분키(주요키)를 20문자 이내의 미터이름으로 정의할 경우, 미터정보 테이블을 참조하는 PQEVENT 테이블에서 미터정보와의 관계를 갖기 위해서는 동일한 데이터 타입, 크기를 갖는, 즉 20문자 이내의 미터이름을 갖는 칼럼(참조키)이 정의되어야 하기 때문에 참조키 저장을 위한 많은 공간이 필요하게 된다. 따라서 단일 시스템에 연결될 수 있는 미터가 최대 수십대로 가정한다면, 1바이트 정수(1-128까지 표현 가능)로서 각 미터정보를 구분할 수 있으므로 PQMETER 테이블의 주요키는 1바이트 정수형으로 정의한다. 이것은 20문자 미터이름으로 주요키를 정의하는 것 보다 최대 19바이트 공간을 절약하여 참조키 반복으로 인한 데이터 크기를 최소로 줄일 수 있다. 다음 그림 2는 대표적인 미터정보 테이블과 이벤트정보 테이블 간의 관계를 주요키와 참조키를 포함하여 나타낸 그림이다.

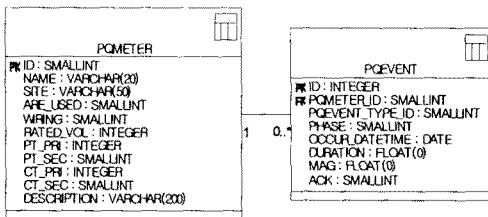


그림 2. 전력품질 미터-전력품질 이벤트 데이터 관계

#### 2.3.2 전력품질 이벤트 데이터

전력품질 이벤트 데이터는 발생한 이벤트가 어떤 미터로부터 발생했는지의 관계를 표현하기 위해 그림 2와 같이 PQEVENT 테이블에 PQMETER 테이블의 ID 칼럼을 참조키로 정의하였다.

이벤트 데이터는 이벤트 종류, 발생시간, 지연시간 등 이벤트 정보 외에 이벤트가 발생한 시점에서 이벤트가 종료한 시점까지 전압/전류 Raw 데이터를 같이 저장하게 되는데, 이벤트 발생 시 한 주기당 128 샘플링 전압/전류 Raw 데이터를 저장한다면 데이터 량이 클 뿐만 아니라 이벤트가 10주기 동안 지속될 경우 128\*10\*2 개의 많은 전압/전류 Raw 데이터(레코드)가 저장되게 된다. 이럴 경우, 적은 이벤트 발생에 대해서도 전압/전류 Raw 데이터 레코드 수가 커지게 되어 쿼리(Query, 질의)속도 저하 및 관리의 어려움이 따르게 된다. 이러한 문제점은 이벤트가 지속된 시간동안의 전압/전류 Raw 데이터를 샘플링별 관리하지 않고 단일 데이터(이진 데이터)로 처리하여 데이터베이스에 저장하고, Raw 데이터 분석 시에는 소프트웨어에서 이진데이터를 처리하여 전압/전류 데이터를 추출, 처리하게 함으로서 해결할 수 있다. 그림 3에서, 단일 이벤트에 대한 전압/전류 Raw 데이터를 단일 데이터(이진데이터)로 처리하여 저장할 수 있는 VOL\_CUR\_DATA 칼럼을 BLOB 데이터 타입으로 정의하였다.

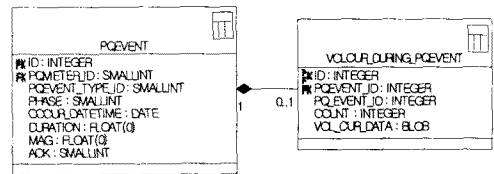


그림 3. 전력품질 이벤트-전압/전류 Raw 데이터 관계

이진데이터로 처리할 경우 데이터베이스에 이진데이터를 저장하기 전 소프트웨어 단계에서 데이터 압축을 수행할 수 있으므로 데이터 량을 줄일 수 있는 장점이 있다. 그리고 3상(Phase) 전력계통에서 이벤트 발생 시 명확한 분석을 위해 인접 상의 전압/전류 Raw 데이터도 같이 관리할 수 있도록 도메인이 변경되거나 단상 및 3상 모든 전력계통에 적용 시, 데이터베이스 설계 변경 없이 소프트웨어 단계에서 이진데이터로 변환시키는 모듈만 변경하면 되므로 데이터베이스 운영의 확장성을 가질 수 있다.

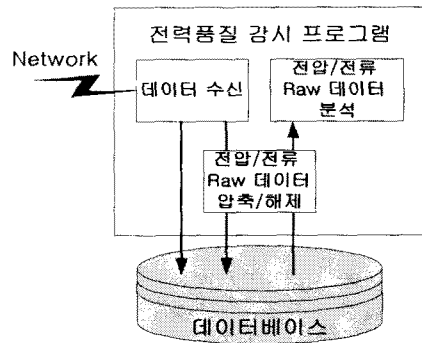


그림 4. 전압/전류 Raw 데이터 관리

일반적으로 데이터베이스 상에서 이진데이터 관리의 어려움이 있는데, 이런 경우, 전압/전류 Raw 데이터를 OS 레벨의 파일(이진 파일 또는 텍스트 파일)로 관리하고 데이터베이스에는 해당파일의 위치 및 이름을 관리할 수 있는 방법도 있다.

#### 2.3.3 전력 기본항목 트렌드 데이터

일반적으로 전력 기본항목 트렌드 데이터는 전압/전류 RMS, 전력, 주파수, 역률, 고조파 등 매우 다양한 항목으로 나누어 관리되며, 일정 주기별 연속적으로 각 항목별 데이터가 저장된다. 따라서 장시간 트렌드 데이터가 데이터베이스에 저장될 경우 레코드 수와 저장용량이 커지게 되어 시스템 성능이 저하될 수 있으므로 효율적인 설계가 수행되어야 한다.

트렌드 각 항목 데이터는 전력품질 미터에서 샘플링한 전압/전류 데이터로부터 계산되므로, 일정 주기별 동일한 시간대의 각 트렌드 항목 데이터가 계산되어 전송된다. 그러므로 임의의 시점에서 계산된 트렌드 데이터는 각 항목별 동일한 시간정보를 갖게 된다. 트렌드 데이터는 오랜 기간동안의 데이터가 데이터베이스에 저장되는 상대적으로 데이터 량이 큰 데이터로서, 데이터 특성 상 여러 항목이 동일한 시간정보-시간정보를 관리하기 위해서는 상대적으로 큰 데이터 타입으로 설정해야 한다. 이를 중복되게 갖게 될 경우 데이터 용량이 커지게 된다. 따라서 트렌드 데이터 특성을 고려하여 여러 트렌드 항목이 동일한 시간정보를 공유하게 설계함으로써 데이터 용량을 줄일 수 있다.

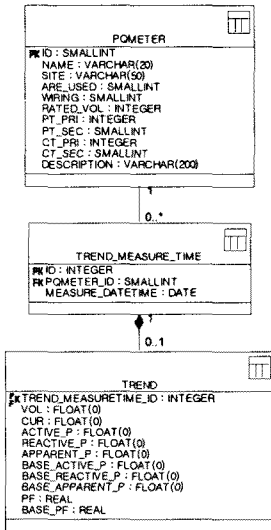


그림 5. 전력품질 미터-트렌드 데이터 관계

그림 5에서와 같이 TREND\_MEASURE\_TIME 테이블에서 주기별 트렌드 계산시간을 관리하고 이 시간을 공유하는 여러 테이블(TREND)이 TREND\_MEASURE\_TIME의 주요키(ID, 정수형)를 참조키로 설정함으로써 시간 저장을 위한 용량을 줄일 수 있다. 예로서 트렌드 정보를 관리하기 위해 10개의 테이블이 동일 시간정보를 공유하고, 시간저장을 위해서 8바이트, 정수형은 4바이트 저장공간이 필요하다면, 10\*(8-4)\*N(은 레코드 개수) 만큼의 저장공간을 줄일 수 있다.

### 2.3.4 고조파 트렌드 데이터

고조파 트렌드는 전력 기본항목 트렌드 데이터와 동일하게 주기적으로 저장되는 데이터이다. 그러나 고조파 트렌드 데이터는 주기별 종합 고조파 왜형율(THD, Total Harmonic Distortion) 정보 외에 각 고조파 차수별 함유율(고조파 스펙트럼) 정보를 같이 관리해야 한다.

고조파 트렌드 데이터도 전력 기본항목 트렌드 데이터와 동일한 시간간기로 계산된다면 TREND\_MEASURE\_TIME 테이블의 시간정보를 공유하도록 설계함으로써 데이터의 일관성을 높이고 용량을 줄일 수 있다.

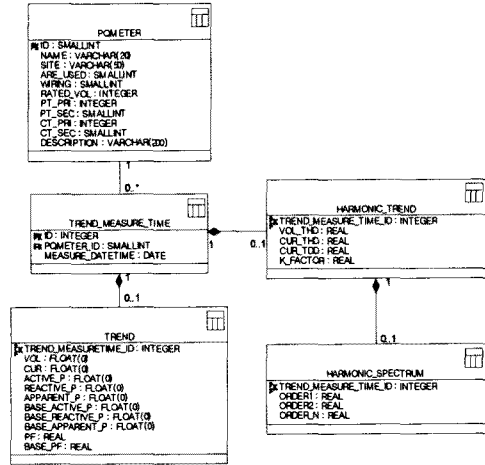


그림 6. 고조파 트렌드

그림 6에서, HARMONIC\_SPECTRUM 테이블은 HARMONIC\_TREND 테이블과의 1:1 관계를 갖는데, 일반적인 데이터베이스 설계 측면에서 1:1 관계는 관계의 복잡성을 줄이기 위하여 하나의 테이블로 구성할 수 있다. 그러나 테이블 분리로 인한 관리의 어려움이 있으나 시스템 기능에서 각 차수별 고조파 함유율 저장여부를 사용자가 설정할 수 있고 사용자가 저장을 원치 않을 경우, HARMONIC\_TREND 테이블만 사용함으로써 불필요한 저장공간 낭비를 막을 수 있다.

### 3. 결 론

지금까지 전력품질 감시 시스템 개발을 위한 주요 전력품질 데이터 소개와 각 데이터 간의 관계를 규명한 전력품질 데이터베이스 설계방안을 소개하였다. 일반적으로 데이터베이스 설계를 위한 설계는 의미가 없으며 도메인 특성이 가장 잘 반영된 데이터베이스 설계가 최적이라 말할 수 있다. 따라서 도메인 분석을 통하여 데이터베이스에서 관리하고자 하는 데이터 간의 관계를 명확히 분석하고 그 관계에 따라 설계가 수행되어야 하며, 시스템 전체적인 성능, 데이터베이스 용량 등 전체적인 도메인 특성을 고려하여 설계가 수행되어야 한다. 이장에서 소개된 설계는 전력품질 데이터간의 관계를 규명하여 최소한의 저장공간에서 신뢰성 있는 데이터를 관리하기 위한 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Oracle Database Design & Building, Oracle Education
- [2] URL: <http://www.pwrn.com/>