

배전운영시스템 기술의 해외 동향

LS산전 신용학, 임일형

DOI <http://dx.doi.org/10.18770/KEPCO.2016.02.04.485>

1. 서론

일반적으로 전력계통은 발전, 송전, 변전, 배전, 수용가의 구조로 이루어져있다. 해외의 전력계통 기술과 산업의 발달은 발전과 송전을 중심으로 발전소로부터 변전소까지 전력을 전송하는데 필요한 초고압 설비기술 분야를 중심으로 활성화 되어왔다. 이전의 전력계통 구조에서는 공급자와 소비자가 명확하게 결정되어 있었고, 발전으로부터 전송된 전력은 변전소를 통해서 소비자인 고객에게 일방적 분배로만 여겨져 왔다. 전력산업 관점에서 고객 중심의 서비스와 기술 보다는 변전소를 통하여 고객에게 단순 전력 분배의 통로로만 배전분야를 생각했기 때문에 배전계통에 대한 연구와 투자는 경제적 효율이 저평가되어 산업이 활성화 되지 못하였다.

근대 산업이 제조에서 서비스 산업으로 변화하면서 산업보다 사람 중심의 산업이 활성화되기 시작하였고, 전력산업 분야에서도 단순 기기의 생산과 판매가 아닌 고객으로부터의 새로운 경제적 가치가 산출되기 시작하였다. 전력산업분야에서도 신재생 에너지 자원(이하 DER, Distributed Energy Resource)의 등장으로 공급자와 소비자의 경계가 애매모호해지게 되면서 큰 변화가 일어나기 시작하였다. 전력기술에서도 기존 아날로그 기반 기계식 방식으로는 해결하지 못했던 요구들이 디지털 기술과 정보통신 기술을 융합하면서 보다 복잡하고 다양한 요구들을 해소하기 시작하였다. 이러한 변화 덕분에 고객과 직접 연결되어있는 배전계통에 대한 중요성은 날로 높아지고 있으며 시장 또한 급격하게 성장하고 있다.

이러한 변화에 따라 해외 배전계통 운영 방식에 대한 새로운 개념과 기술적 변화를 빠르게 받아들이고 있으며, 각 배전운영 회사의 환경과 여건에 따라 점진적으로 실증을 거쳐 산업 활성화의

단계로 진행 중에 있다. 고객 가치를 높게 평가하고자 하는 국가들을 중심으로 지능형 전력망(Smart Grid)에 대한 요구를 가지고 있으며 실증을 포함한 관련 프로젝트들이 전 세계적으로 진행 중에 있다. 지능형 전력망은 배전계통의 구성과 운영이 복잡할수록 효율이 높은 시스템의 개념으로 처음에는 실체가 명확하지 않았다가 최근에는 스마트 시티의 현실화된 모델 내에 포함되어 현실화 되어가고 있다. 지능형 전력망은 배전계통 기반의 환경, 경제성, 품질 등 여러 복잡한 요구사항을 모두 충족할 수 있는 배전계통의 운영 지능화를 의미하며, 스마트 시티 또한 관련된 모든 구성요소들의 기반에는 배전계통과 밀접한 연관이 있다. 따라서 전력산업의 미래를 위하여 발전과 송전의 안정적 운영뿐만 아니라 배전계통에 대한 적극적인 연구와 투자가 이루어지고 있으며, 전력산업의 새로운 패러다임의 중심에 지능형 배전망 운영 시스템이 있다.

2. 해외 배전계통 운영시스템의 변화

해외 배전 유틸리티 회사들은 기존 배전계통운영에 대한 개념을 바탕으로 현장 운전원의 경험을 통하여 수작업으로 관리를 하는 곳이 대부분이었고, 일부는 정보통신 기술을 활용하여 배전변전소의 배전선로 인출단 보호기기 계측 정보와 배전계통에 대한 선로임피던스 및 거리 등 고정정보를 가지고 선로단위 상태감시를 하기도 하였다. Distribution SCADA는 배전선로에 recloser와 같은 디지털 보호기기를 달아서 사고와 같은 큰 이벤트 위주로 상태감시를 하기도 하였다. 하지만 안정적으로 배전계통 인프라가 구성되어 있는 곳에서는 사고가 잘 나지 않고, 인프라가 잘 구성되어 있지 못한 국가에서는 사고가 나도 대처가 어려워서 효율이 많이 떨어졌었다. 한국의 경우 한전의 적극적인 노력과 투자로 전

세계에서 가장 잘 구축되어있는 배전인프라 중 하나가 되었고, 배전선로 상에 다수의 배전용 RTU를 통신망으로 연결해서 정전구역 최소화 및 짧은 시간 내에 사고구간을 제외한 나머지 구간에 신속하게 전력공급을 재개하는 정전복구 기능을 활용하여 해외의 많은 배전회사들로부터 많은 관심을 받아왔다.

배전계통에 원격 감시제어 단말장치를 설치하면서 실시간성 계측 데이터를 확보할 수 있게 되자 배전계통 운영 관점에서 효율을 더 높일 수 있는 시스템이 될 수 있다는 생각을 가지게 되었다. 정전복구 기능뿐만 아니라 전압 및 무효전력 최적화, 손실과 부하균등화를 고려한 배전계통 최적 재구성 기능 등 SCADA 기반의 배전계통 감시제어 시스템에서 제공하는 데이터들을 가지고 배전계통 운영 효율을 높이는 다수의 기능들을 탑재한 배전계통 운영 시스템인 Distribution Management System (DMS)가 등장하였다. 여기서 멈추지 않고 정보공학 기반으로 기존 기능들 외에 더 새로운 기능들로 차별화를 하려 했던 해외 주요 업체들은 계속해서 발전하고 있는 ICT 기술과 DER의 등장으로 보다 더 많은 정보들과 자원들을 계통 운영에 활용하기 원하였고, DER을 이용하여 전력기술 관점에서의 새로운 이익을 만들 수 있는 방법을 생각하기 시작하였다. 이렇게 만들어진 개념과 새로운 사업 모델인 Advanced Distribution Management System (ADMS)가 제안되었다 [1].

ICT 기술의 발달로 ADMS의 핵심 요소가 된 하나는 상호운영성(interoperability)이다. 상호운영성은 서로 다른 목적의 시스템들과 데이터 교환이 가능한 구조와 환경을 보유한 시스템으로, 확장적인 개념으로는 성격이 다른 시스템들의 기능까지도 서로 활용

할 수 있으며 상위운영시스템 뿐만 아니라 다른 업체의 단말기기 제품들도 손쉽게 기존 시스템에 추가/삭제가 가능한 것도 함께 상호운영성으로 언급되고 있다 [2].

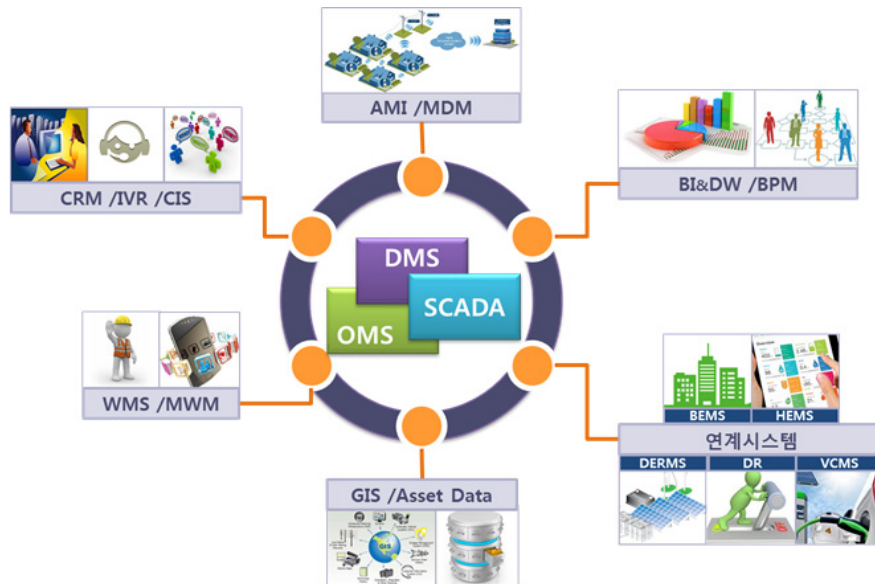
DER의 등장으로 배전계통 운영 관점에서 DER 연계로 복잡해지는 배전계통 운영 환경이 선택이 아닌 의무가 되었다. 따라서 해외에서는 기존의 배전계통과는 다른 새로운 배전계통의 개념이 정립되기 시작하였고, 이를 Active Distribution System 또는 Network 이라고 정의하고 있다.

3. Active Distribution Network

Active Distribution Network (이하 ADN)에 대한 정의는 CIGRE SC C6에서 진행한 Working Group C6.11을 통해 발간된 문서에서 다음 같이 정의하고 있다[3].

“Active distribution networks (ADNs) have systems in place to control a combination of distributed energy resources (DERs), defined as generators, loads and storage. Distribution system operators (DSOs) have the possibility of managing the electricity flows using a flexible network topology. DERs take some degree of responsibility for system support, which will depend on a suitable regulatory environment and connection agreement.”

ADN에서는 DER을 보유한 고객들이 임의의 위치에 자유롭게



CRM: Customer Relationship Management
 IVR: Interactive Voice Response
 CIS: Customer Information Systems
 WMS: Work Management Systems
 AMI: Advanced Metering Infrastructure
 BPM: Business Process Management

MWM : Mobile Workforce Management
 GIS: Geographic Information Systems
 BEMS: Building Energy Management System
 VCMS: Vehicle Control Module System
 MDM: Meter Data Management
 DERMS: Distributed Energy Resource Management Systems

HEMS: Home Energy Management System
 DR: Demand Response
 BI/DW: Business intelligence/data warehouse

전력공급 및 소비를 하면서 계통의 조류 방향이 시시각각 변하고, 이러한 상태들이 ICT 기술을 통해서 상위운영시스템에 제공되고, 제공된 정보들을 활용하여 배전계통 운영 효율을 최적화 시키는 환경을 제공하는 배전계통을 의미한다. 따라서 ADN은 Smart Grid의 개념을 가장 잘 반영한 배전계통이라고 볼 수 있다. 해외에서는 2000년대 중반부터 이러한 용어와 개념을 제시하여서 미래에 대한 배전계통의 패러다임 변화를 예측하고, 여기에 따른 경제성 분석을 통해서 사업 방향을 고민하여 DMS 단계를 준비함과 동시에 ADMS로 방향을 맞추어 준비하여왔다.

ADMS는 Gartner에서 다음과 같이 정의하고 있다[4].

“An advanced distribution management system (ADMS) is the software platform that supports the full suite of distribution management and optimization.”

개념에 대한 쉬운 이해를 위하여 ADMS는 다음과 같은 그림으로 표현할 수 있는데, 배전계통 운영에 관련된 시스템들 및 정보 등 모든 자원들을 활용하여 배전계통 운영 효율을 최적화시키기 위한 운영 시스템 플랫폼의 개념이다.

그림에서와 같이 각각의 고유한 시스템들이 상호운영성을 통해서 서로 연계가 되고 배전계통 운영 효율 최적화라는 목적 수행에 가능한 모든 정보를 활용하여 ADN 운영에 필요한 기능들에 데이터로 활용하는 구조이다. 모든 시스템이 갖춰져야만 ADMS라고 부르지 않으며 상호운영성 개념에 맞추어 필요에 따라서 부분적으로 적용한 시스템들도 ADMS라고 부른다. 예를 들면 OMS/DMS만 가지고도 ADMS라고 부르기도 하며, AMI/OMS만 가지고도 ADMS라고 부를 수 있다. 이는 ADMS의 정의에서와 같이 특정 시스템이나 구성요소들을 고정해서 구성한 시스템을 말하는 것은 아니다. 명확한 것은 ADN의 환경에서 요구하는 요구사항들을 반영할 수 있는 구성을 가진 운영 시스템을 ADMS라고 한다.

4. 해외 배전계통 운영시스템 제공 업체들의 동향

해외 배전계통 운영시스템 제공 업체들 중 2016년 3월에 발간한 Gartner의 ADMS 보고서에 따르면 슈나이더가 ADMS 사업에 리더로 나타나고 있음을 알 수 있다 [3]. GE, Oracle, Siemens, ABB, OSI 등 다양한 업체들이 뒤를 따르고 있으며 배전운영 기술의 새로운 패러다임으로 자리 잡은 ADMS 시장을 빠르게 선점하려는 노력들을 하고 있다.

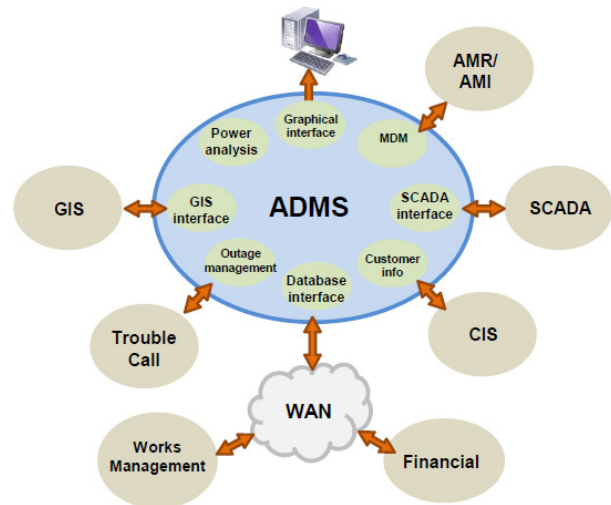
주로 solution 단위로 사업을 추진하고 있으며 새로운 기술들에 대한 실증과 적용을 동시에 진행하고 있다. 최근 캘리포니아의 송배전 유틸리티 중 하나인 SDG&E에서는 ADN에 적용되는 단말기 관련 기술에서 self-healing이라는 이름의 분산형 정전복구 기능을 가진 제품의 적용 및 실증을 수행하고 있고 [5], 배전 운영 시스템에서는 smart meter 데이터를 시작으로 상호운영성 기술을

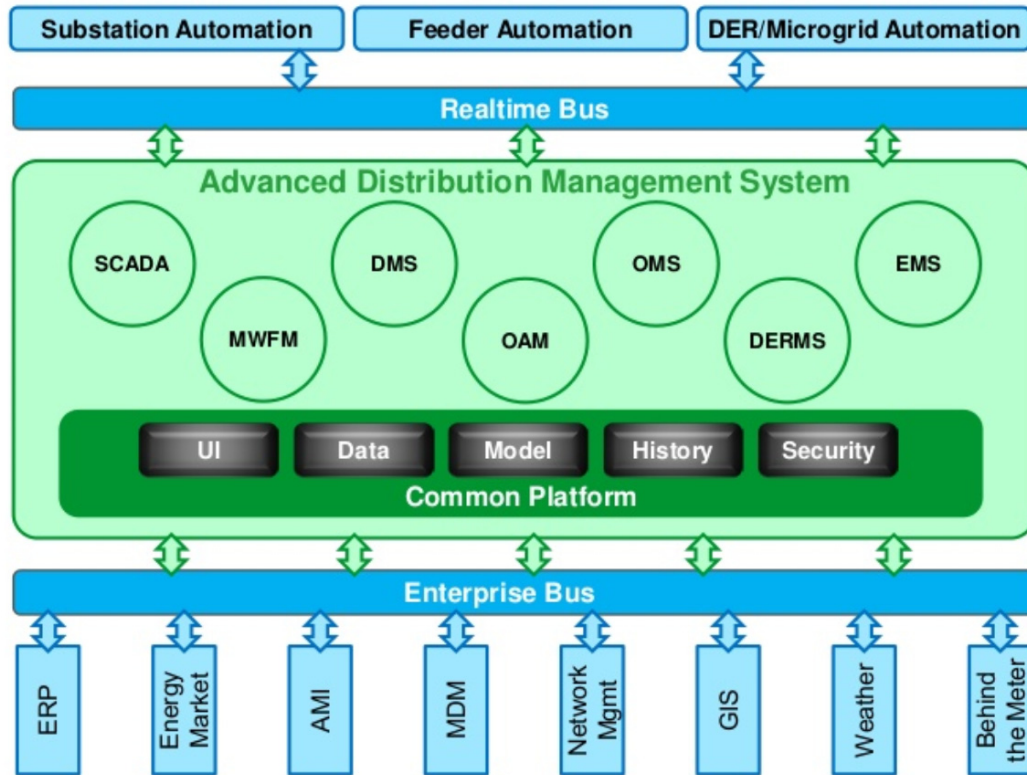


바탕으로 한 AMI+OMS+DMS+SCADA+DERMS+MG 등 다수의 시스템들을 하나 씩 연계해나가는 ADMS 사업을 실증과 동시에 추진하고 있다. 아래 그림은 U.S. Department of Energy에서 2015년에 제시한 ADMS 개념도다 [6].

ADMS 사업을 추진하고 있는 업체들의 핵심 관점은 기술을 통한 경제적 효율 기반의 기능을 제안하고 있다. 정책, 규제, 그리고 사회 환경 변화에 따라 DER의 적용과 확대가 선택이 아닌 의무가 되고, 기존에는 크게 고려되지 않았던 고객 중심의 이익이 유틸리티의 이익과 직접적으로 연관이 되면서 경제성을 확보할 수 있는 요소가 많아짐에 따라 ADMS의 시장이 급격하게 확대되고 있고 이에 대한 투자가 적극적으로 이루어지고 있다.

ADMS 시장을 미리 내다보고 Software 기업인 Talvent를 인수하는 등 공격적이고 적극적인 투자를 통하여 Gartner 보고서 기준 ADMS 시장 점유율 1위에 있는 슈나이더의 ADMS 구성도는 위와 같이 제시되었다. 변전소 자동화 시스템, DER 과 microgrid





시스템과 같은 타 시스템들과는 실시간 정보교환을 하고, 기타 시스템들과는 Enterprise bus를 통해서 상호운영성을 확보하는 시스템 구조를 제시하고 있다.

5. 해외 배전지능화 추진 현황

ADMS가 배전운영시스템의 미래인 것은 모두가 인정하지만 그렇다고 모두가 ADN 기반의 ADMS를 원하는 것은 아니다. 북미 유럽과 같은 전력계통 인프라가 안정적이면서 DER의 의무가 확정된 곳에서는 필요로 하지만, 인프라가 안정적이지 않은 동남아시아, 일부 부유한 국가를 제외한 중동, 발전 인프라부터 부족한 아프리카 등 다양한 조건을 가진 국가들에서 각자의 환경에 맞는 형태로 배전계통 운영시스템을 원하고 있다. 아시아에서는 전력계통 인프라가 안정적이고 경험이 많은 일본이 smart meter 데이터를 기반으로 한 AMI 중심의 smart grid 운영 시스템으로 ADMS와 유사한 개념을 제시하고 프로젝트를 진행하고 있으며, 중국은 일찌감치 ABB, GE, 슈나이더와 같은 거대 기업들이 막강한 자원과 시장을 가진 중국 시장에 진입하여 Smart Grid의 구축과 함께 ADMS 형태로 유도하고 있다. 각 대륙별 배전지능화의 추진 현황을 다음과 같이 요약하였다.

- 북미: ADN 개념 기반의 배전계통 인프라가 구축되고 있으며, 이에 따라 새로운 ICT 기술과 DER의 통합 기반 배전계통을 운영하고자 일부 지역을 선두로 적용 및 실증이 진행 중이다.

- 남미: 운용 시스템의 최적화 보다는 배전계통의 인프라 개선을 목표로 하고 있으며 원격 감시제어 기능만 있는 배전용 SCADA 형태의 시스템을 더 선호하고 있다.
- 중동: 사우디와 UAE와 같은 일부 부유한 국가를 제외하고는 인프라 확보에 우선을 하고 있으며 외부 지원에 의해 배전용 SCADA 정도를 생각하고 있다. 사우디와 UAE는 막강한 자본력을 바탕으로 외부 컨설팅을 통해 Smart Grid 구축을 위한 ADMS로 방향을 잡고 프로젝트를 추진하고 있다.
- 아프리카: 발전자원부터 부족한 아프리카는 배전계통에 대한 관리의 시기상조이며, 외부로부터의 원조를 통해서 많은 인력을 통해 수동으로 배전계통을 관리하고 있다. 이집트의 경우 한전 배전자동화의 원격 감시제어 기능 위주의 시스템 도입에 매우 만족해하고 있으며 이 시스템의 확대를 원하고 있다.
- 아시아: 호주, 일본, 한국, 중국과 같은 배전계통 구성이 ADN 형태로 진행되고 있는 국가들은 Smart Grid 운영 시스템 또는 ADMS라는 이름으로 프로젝트들이 추진되고 있으며, 해당 국가들을 제외한 배전계통 인프라가 부족한 동남아시아 중심의 국가들은 인프라 개선을 우선으로 하고 있으며 배전용 SCADA의 도입을 통한 관리 중심의 시스템을 우선으로 하고 있다.

각 대륙별로 간략하게 요약한 바와 같이 재정이 넉넉하고 인프라가 충분하게 구축되어있는 곳에서는 새로운 ICT 기술들과 DER이 포함된 ADN을 대상으로 ADMS 형태의 시스템을 구축하고자

프로젝트 및 실증 사업이 진행 중에 있으며, 재정이 부족하고 인프라이 부족한 곳에서는 부족한 인프라의 효율적인 관리를 위한 수준의 배전용 SCADA를 더 선호하는 양상을 보이고 있다.

6. 결론

그동안 한전의 적극적인 투자와 많은 노력을 통해 배전계통 운영기술은 한국이 가장 많은 노하우와 기술을 보유하고 있었으나, 배전시장이 전 세계적으로 크게 확대되고 배전계통의 패러다임이 변하면서 공격적인 투자와 적극적인 기술개발을 꾸준하게 진행해 온 글로벌 대규모 업체들이 점차 앞서 나가고 있는 것으로 여겨진다. 우리의 기술이 해외 시장에서 경쟁력을 가지기 위해서는 ADN 기반의 경제적 효율을 극대화하는 배전계통 운영시스템으로의 진화가 필요하며, 빠른 대응과 투자가 이루어지지 않는다면 한국의 배전계통 운영시스템의 기술은 머지않아 고립될 수밖에 없을 것이다. 이를 해결하기 위한 방법으로 한전을 중심으로 대기업과 중소기업이 하나가 되어서 국가 단위의 전략을 펼칠 수 있기를 기대해본다.

References

- [1] Schneider Electric, “Advanced Distribution Management System – Smart Grid Solution for Electricity Distribution Networks,” Short Overview, May 2015.
- [2] Smart Grid and Cyber-Physical Systems Program Office and Energy and Environment Division, Engineering Laboratory, “NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0,” NIST Special Publication 1108r3, September 2014.
- [3] Randy Rhodes, Zarko Sumic, “Magic Quadrant for Advanced Distribution Management Systems,” Gartner Research Document, March 2016.
- [4] CIGRE Working Group C6.11, “WG C6.11 Development and operation of active distribution networks,” April 2011.
- [5] <http://www.sdge.com/newsroom/press-releases/2013-01-30/sdge-installing-new-smart-grid-technologies-create-%E2%80%9Cself-healing%E2%80%9D>, January 2013.
- [6] Eric Lightner, “Advanced Distribution Management Systems,” Office of Electricity Delivery & Energy Reliability Smart Grid R&D of U.S. Department of Energy, July 2015.