www.hyosungheavyindustries.com

2021년 VOL.1

효성중공업
전력기술 매거진

Hyosung Heavy Industries Power Technology Magazine

HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES

목 차

03 신년사

04 ESS & STATCOM
- 글로벌 에너지 전환의 메가트렌드

06 솔루션 엔지니어링 사업
- 시스템 엔지니어링 기반의 에너지 저장 및 전력보상 시스템 사업의 새로운 도약

11 친환경 시대를 위한 미래형 변압기
- Ester filled Transformer

13 가변리액터를 이용한 송전 계통의 무효전력 최적화
- Variable Shunt Reactor

15 대용량 GIS의 필요

17 맞춤형 MV GIS의 장점과 친환경 GIS
- Benefit of MV GIS and Non SF_6 Solutions

20 Service of Power Utility
- 포스트 코로나 시대, 원격 설치 지원을 통한 새로운 패러다임 제공

22 Acceptance Examination
- 새로운 방식으로 고객과 소통하는 원격 입회시험(RFAT)

24 Global Turnkey Solution Provider
- 성공적인 프로젝트를 위한 공기 단축의 노력!

28 Research & Development
- 154kV급 초고압 변압기 50dBA 저소음 기술 개발

33 편집후기

신년사

여러분, 새해 복 많이 받으십시오.

지난 2020년은 우리 인간사회에 유례가 없었던 힘든 한 해였습니다. 예상치 못한 속도로 COVID-19가 전세계로 확산되어, 국가간 이동이 봉쇄되고 우리의 생활이 크게 제한을 받았으며 세계 경기가 급속도로 위축되었습니다. 한편 이러한 COVID-19 시대는 우리가 새로운 기회를 발견하는 계기도 되었습니다. 사회적으로 대면과 접촉이 줄어들면서 이를 대신하여 비대면 · 디지털기술을 접목한 제품과 서비스 시장이 크게 성장하고 있습니다.

2021년은 COVID-19 이후 변화될 세상을 한발 앞서 준비하는 매우 중요한 시기가 될 것으로 보입니다. 모든 분야에서 비대면 언택트(Untact) 사회로의 전환이 가속화되는 가운데, 에너지 산업현장의 디지털화는 전체 에너지 가치 사슬에서 새로운 기회의 문을 열어 새로운 비즈니스 모델을 가능하게 하고 전례가 없는 규모의 가치를 창출할 것입니다. 앞으로 디지털 전환의 성공 여부가 기업의 장기적 생존 여부를 결정하는 열쇠가 될 것입니다.

Hyosung은 창립 이래 고객의 사회적, 환경적, 경제적 가치를 향상시키고 고객의 기업 가치와 사람들의 전반적인 삶의 질 향상에 기여하는 것을 목표로 해 왔습니다. 다양한 신기술을 바탕으로 비즈니스를 과감하게 혁신해 왔습니다. 그 특성을 살린 다양한 제품, 그리고 Hyosung과 협력하면

기회를 활용하여 더 많은 기회를 제공하는, 다양한 서비스컨텐츠로 고객의 전력망(Power Grid) 혁신을 가능하게 합니다.

기후변화 대응을 위한 친환경/재생에너지 혁신도 거스를 수 없는 흐름입니다. 기후변화와 환경에 대한 관심이 커지면서 세계 각국이 탄소중립을 선언하고 있고, 석탄발전 감축과 재생에너지 확대 등 에너지 전환 기조를 이어나가고 있습니다. 에너지 인프라의 세계는 변화하는 사회 및 고객 환경, 새로운 자금 조달 전략에 대한 요구 증가, 정부기관의 참여기회 증가로 빠르게 변화하고 있습니다.
이러한 사회변화에 맞춰 Hyosung은 전력망 운영시스템의 혁신을 실현할 수 있는 경쟁력과 부가가치 높은 제품과 서비스로 전력시장을 선도해 나가겠습니다. 새해에는 모두가 위기 속에 감추어진 변화의 신호를 감지하고, 혁신을 통해 새로운 기회를 발견하는 한 해가 되기를 바랍니다.
다시 한번 새해 복 많이 받으십시오.

효성중공업㈜

대표이사 요코타 타케시

ESS & STATCOM

글로벌 에너지 전환의 메가트렌드

변화를 기회로

요즘 전세계인은 전지구적인 변화를 동시에 경험하고 있습니다. 아직 끝나지 않은 코로나 19 팬데믹 뿐만 아니라 기후변화로 인해 도처에서 발생한 기상이변이 우리의 삶을 위협하고 있는 것은 주지의 사실입니다. 기후 변화에 대응해 각국 정부가 앞다퉈 탄소중립을 선언하면서 에너지 패러다임의 대전환을 예고하는 가운데 전력산업에서는 신재생에너지 확산 추세가 전세계적으로 가속화될 것으로 보입니다.

특히 대한민국은 전체 발전량 중 신재생 에너지의 발전비중을 약 11%('19년 기준)까지 주도적으로 확대해 왔는데, 이 가운데 효성중공업은 시장의 변화에 적극적으로 대응해 기존 초고압변압기와 초고압차단기 국내시장점유율 1위 업체의 입지를 강화함은 물론, 이제는 ESS (Energy Storage System) 와 스태콤(STATCOM, Static Synchronous Compensator)을 납품하고 연관 서비스를 제공하는 명실상부한 국내 신재생에너지 선도업체로서 발돋움 할 수 있었습니다.

먼저 효성중공업의 ESS는 고효율/고신뢰성의 ESS PCS (Power Conditioning System), 다양한 용도에 적용 가능한 PMS (Power Management System), 최적용량 및 성능을 보유한 배터리로 구성되며 고객 맞춤형 ESS 컨설팅, 시스템 구축, O&M (Operation & Maintenance)까지 모든 솔루션을 공급하고 있습니다. ESS 시장을 보면 시간을 거슬러 올라가 국내에서는 정부가 2010년을 전후해 적극적으로 RPS (Renewable Portfolio Standard) 제도를 도입하면서 PV (Photovoltaic) 태양광과 ESS시장이 급속히 성장했습니다. 현재 효성중공업은 특히 ESS시장에서 시장점유율 30% ('20년 12월 누계 0.54GW/1.8GWh)로 국내 시장을 선도하고 있는데, 2009년 제주도 행원 풍력단지 ESS 국책사업(800kW)을 시작으로 2015년 국내 최초 풍력연계 ESS로 남동발전 영흥풍력 단지에 ESS(4MW/16MWh), 2017년 국내 최초 태양광 연계 ESS로 남동발전 영흥 태양광 ESS(7MW/18MWh)에 납품하는 등 꾸준하고 안정적인 실적을 축적해 왔습니다. 기능별로 보면 신재생에너지 연계 (335MW/1,089MWh) 202곳, 주파수 조정(52MW/2MWh) 두 곳, 피크저감(120MW/638MWh) 28개 Site, 독립형 마이크로그리드 (4.6MW/6.5MWh) 여섯 곳이 있습니다.

또한, 각 지역별 거점 A/S 센터를 구축하여 (중부, 서부, 동부 A/S 센터, 세종공장) A/S 담당자가 설치 후 유지보수 기술지원 및 시스템 관리를 위한 컨설팅을 지원하고 있으며, 사고 발생시 신속한 대응 체계를 보유하여 고객이 ESS 설비가 최적 상태로 운영할 수 있도록 서비스를 제공하고 있습니다.

글로벌 시장에서는 2012년 홍콩 CLP ESS 프로젝트(500kW)에 진출하면서 시장을 확대하기 시작해 현재는 미국 오클라호마(10 MW, 다기능), 영국 배스게이트(750 kW, 다기능), 영국 너슬링(50 MW, 다기능), 세네갈 (10MW, 주파수 조정), 말레이시아(2MW, 피크 저감) 등의 프로젝트를 수주하여 설치공사와 상업 운전을 진행중입니다. 그리고 현재 고객이 요구하는 높은 수준의 프론트 엔지니어링(Front Engineering) 과 신속한 고객 대응 서비스를 제공하기 위하여 미국, 영국 등 주요 ESS 시장에서 현지 엔지니어 및 영업인력 중심의 사업 조직을 구축해 해외 주요 시장에서 현지화를 추진중입니다.

다음으로, 효성중공업의 스태콤 사업은 국내 한국전력공사의 최초의 스태콤 납품 실적과 최다의 운전실적을 바탕으로 세계 스태콤 시장에서 괄목할 만한 성장을 이어 가고 있습니다.

스태콤은 송배전 망의 계통 불안정을 방지하고 송전 용량을 극대화 시키는 역할을 합니다. 또한 풍력 또는 태양광과 같은 신재생에너지 발전원의 계통 연계 기준을 만족시키고, 전기 아크로, 대형 유도 전동기, 정류기와 같은 산업용 부하가 전력계통에 연계될 때 발생하는 플리커나 고조파와 같은 전력 품질 문제를 실시간으로 제거하는 역할을 합니다.

효성중공업은 자체 개발한 기술을 바탕으로 세계 최대 규모의 ±400Mvar 스태콤을 한국전력공사에 납품하였습니다.

MMC(Modular Multilevel Converter)는 최신 기술의 차세대 전압원 컨버터 로서, 기존의 2-3레벨 컨버터 방식에 비하여 고성능, 저손실, 낮은 고조파 발생의 우수한 특성과 함께 높은 가용성과 신뢰성, 유지보수의 편의성을 제공하는 장점을 가지고 있습니다.

이와 같은 최신 기술을 바탕으로, 효성중공업은 최적의 솔루션을 제공하기 위하여 고객의 전력계통을 사전에 해석하고, 문제 해결을 위한 최적의 시스템을 설계하고 제안합니다. 또한 축적된 엔지니어링 역량을 바탕으로 고객의 이익을 고려한 EPC 솔루션을 공급하며, 시스템의 성능과 수명을 만족시키기 위한 유지보수 계획 및 서비스까지 제공하고 있습니다.

최근에는 설비의 이동성(Mobility) 확보에 대한 시장의 요구가 늘고 있는데, 효성중공업은 컨테이너형 모바일 스태콤을 개발하여 일본 신재생 발전향 계약을 확보하는 등 시장변화에 빠르게 대응하고 있습니다. 향후 모바일 스태콤은 중동, 북미 등 전력계통 설비 증설 지연에 의해 발생하는 한시적 전력 부하 문제와 허리케인 등 자연 재해에 의한 공급 전력 부족 현상을 해결하고 산업용/신재생용 수요에 대응하는 경제적인 솔루션이 될 것입니다.

효성중공업은 미국, 인도, 스리랑카, 파나마, 페루 등 세계 각국의 전력회사 뿐만 아니라 산업용 철강과 신재생에너지 계통 연계와 같은 다양한 어플리케이션에 대한 계약을 성사시키며 기술 및 제품의 우수성을 인정 받아 괄목할 만한 성장을 보이고 있습니다.

또한 인도 푸네에 주요 컴포넌트의 제작 라인과 미국 피츠버그에 유지보수 조직을 구축함으로써 명실상부한 글로벌 제작사/통합공급사 (Manufacturer/Integration Provider)로 면모를 갖춰 가고 있으며, 항상 고객의 목소리(Voice of Customer)와 시장 동향을 분석하여 보다 만족스러운 솔루션을 제공하고자 노력하고 있습니다.

글로벌 전력계통 Solution Provider

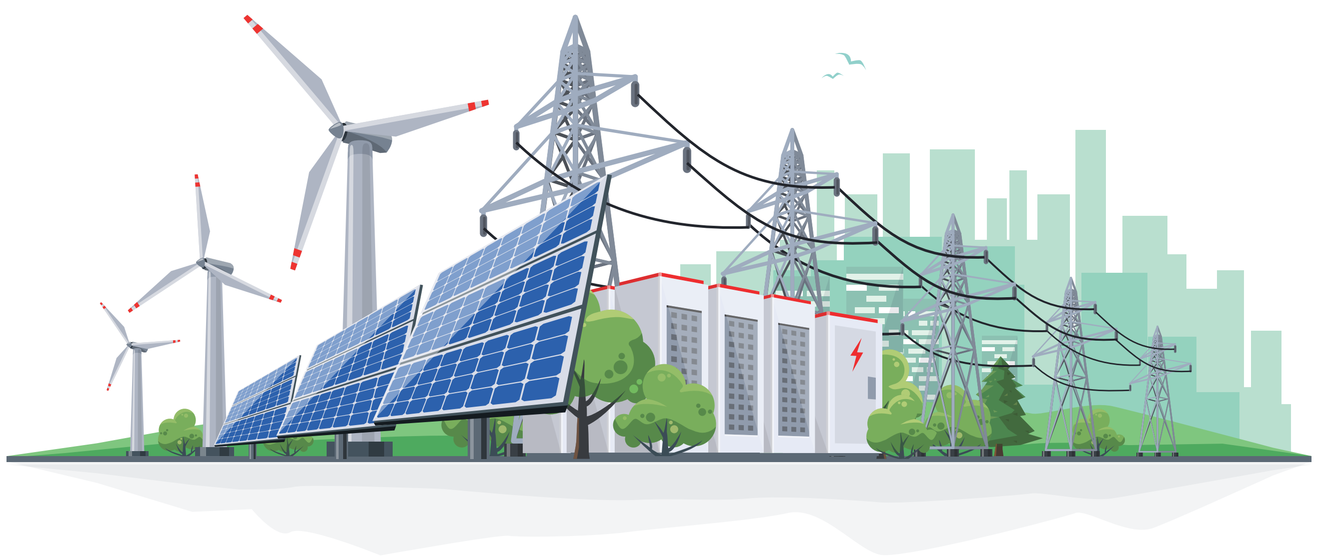
최근 한국 정부는 2025년까지 신재생에너지 3배 확충('19년 12.7GW →'25년 42.7GW)을 목표로 총 73.4조원을 투자하겠다는 그린뉴딜 계획을 발표했으며, 9차 전력수급계획에서 2034년 신재생에너지 77.8GW를 확충할 계획 수립했습니다. 이로 인해 당장 국내 시장에서는 도서지역 친환경 발전시스템 구축, 친환경 미래 모빌리티, 스마트 그린 산단, 그린에너지에 ESS를 활용한 신규 시장이 발생 할 것으로 예상되고 전력품질 저하에 대한 우려를 해소하기 위해 스태콤에 대한 수요 또한 급증할 것으로 전망됩니다. 기후변화에 적극적으로 대응하는 국가들을 필두로 세계 각국에서 이러한 변화가 필연적으로 예상되는 2021년 현재, 변압기, 차단기 등 변전소 전력 설비 시장에서 달성한 한국 1위 업체로의 위상을 바탕으로 향후 스마트/DC 그리드로의 메가트렌드를 선도하는 명실상부한 글로벌 전력계통 설비 전문업체로 성장해 나갈 것입니다.

김재균 상무
신사업(ESS & STATCOM) 담당

양항준 부장
FACTS & HVDC 기술 담당

솔루션 엔지니어링 사업

시스템 엔지니어링 기반의 에너지 저장 및 전력보상 시스템 사업의 새로운 도약



효성중공업 SEG(Solution Engineering Group)은 고객 요구사항의 다양화, 구매 방식의 변화, 기술의 진보와 더불어 3D (Digitalization, Decarbonization, Decentralization)의 메가트렌드에 따른 전력 시스템, 전력 경제의 다양한 변화에 대응하는 솔루션 사업을 추진하고 있습니다. 주요사업방향은 첫째, 전력청(유틸리티) 뿐만 아니라 반도체, 석유화학 공장과 같은 민간 고객 및 태양광, 풍력, 연료전지 등 신재생 발전 사업자의 니즈에 대응하기 위해 기자재 공급사업에서 시스템/서비스 사업(기자재 패키지, 턴키 시스템, 자산관리 시스템 등)으로 영역을 확대하는 것입니다. 둘째, 기술의 진보 및 사회/환경 변화에 따른 다양한 고객의 니즈에 부합하기 위해 시스템 엔지니어링 설계를 기반으로 고객 요구에 맞는 다양한 아이디어, 시스템 구성, 솔루션을 제안하는 솔루션 사업이 부상하고 있으며, 신재생 발전 플랜트용 전력 시스템, 데이터센터용 전력 시스템, 긴급 재난 복구용 모바일 전력 시스템을 그 사례로 들 수 있습니다. 셋째, 전력전자 기술 및 전기 에너지 저장기술의 발달과 안정적인 전력 공급 요구에 대응하여 무효 전력 보상설비(VSR, PST, STATCOM 등), 에너지 저장 시스템(ESS, Energy Storage System), DC 계통 대응 시스템(LV/MV/HVDC)에 대한 신사업에서 국내 시장을 선도하고 있습니다. 넷째, 친환경/디지털의 시대적 요구 및 이를 한층 가속화 시킨 뉴노멀시대에 적합한 친환경 전력 기기 및 디지털 변전소사업에 착수하여, 시장 확대의 견인차 역할을 하고 있습니다.

마지막으로 과거보다 한층 높아진 전력 시스템의 연계성, 복잡성, 효율성, 신뢰성을 추구하는 고객은 사업 초기부터 전문 지식을 갖춘 엔지니어에게 기술적 지원 및 개념 설계, 즉 FEED(Front End Engineering Design) 서비스를 요구하고 있으며, 효성중공업은 전담 조직을 통해 발전/송전/변전 시스템, 전력 보상/저장/자산관리 시스템으로 사업을 확대하고 있습니다.

본 보고서에서는 효성중공업의 SEG에서 진행하는 주요 서비스/시스템을 기술하며, 특히 시스템 엔지니어링 기반의 에너지 저장 / 전력 보상 시스템을 소개하는 한편 본격적인 해외 시장 진출을 위한 기술역량을 소개합니다.

솔루션 엔지니어링 사업 모델

1. Front Engineer의 역할

전력시스템이 전력전자 기술 및 IT 기술과 융합되면서 관련사업은 기존의 단편적인 비즈니스에서 매우 입체적인 형태로 발전이 되고 있습니다. 그에 따라 고객에 의해 주어진 사양으로 일련의 제품을 제공하는 비즈니스에 그치는 것이 아니라 전력전자 제품을 적용한 다이나믹한 시스템 솔루션의 제공 및 ICT를 통한 다기능의 복합 시스템 솔루션의 제공이 가능해졌습니다. 이를 시스템 엔지니어링으로 표현할 수 있으며 그 핵심에는 고객의 VOC (Voice of Customer)를 기반으로 계통해석, 전력전자 제품을 이용한 신개념 제품 설계, 통합 상위운영 시스템 제안을 통해 사양선정 이전부터 고객의 요구에 부합하는 최적 솔루션 제공을 통해 비즈니스를 이끄는 역할이 있는데, 이를 Front Engineering이라고 합니다. Front Engineer는 폭넓은 기술기반을 바탕으로 다양한 고객들과 소통하며 기존 제품의 통합적인 솔루션 및 새로운 개념의 시스템을 제안하는 역할을 수행하여 고객의 숨은 니즈를 해결합니다.

스태콤 (STATCOM : STATic synchronous COMpensator, 정지형 무효전력 보상장치)

[사례1. 미국 ESS Front Engineering]

최근 급격히 증가하는 태양광, 풍력발전소로 대표되는 신재생발전은 화력발전소를 빠르게 대체하고 있으며, 새로운 전력계통을 구성하는 중요한 역할을 담당하고 있습니다. 또한 이산화탄소 감축과 지속 가능한 친환경 전력 생산으로 탄소발자국을 줄이는 고객의 사회적기업 가치를 확대하고 있습니다.

신재생에너지 기반의 발전소는 재래식 화석연료 발전소와는 달리 간헐성이라는 특징을 가지고 있으며, 이는 고객이 신재생에너지 발전 사업을 통해 경제성을 평가하고 수익성을 확보하는데 장애요인이 되고 있습니다. 이러한 점을 보완하기 위해 ESS(Energy Storage System)을 적용하면 신재생에너지 발전소의 간헐성을 크게 억제 할 수 있습니다. 또한 발전소 운영을 예측가능한 수준으로 관리하여, 고객의 불확실성을 최소화하여 수익성을 극대화 할 수 있습니다.

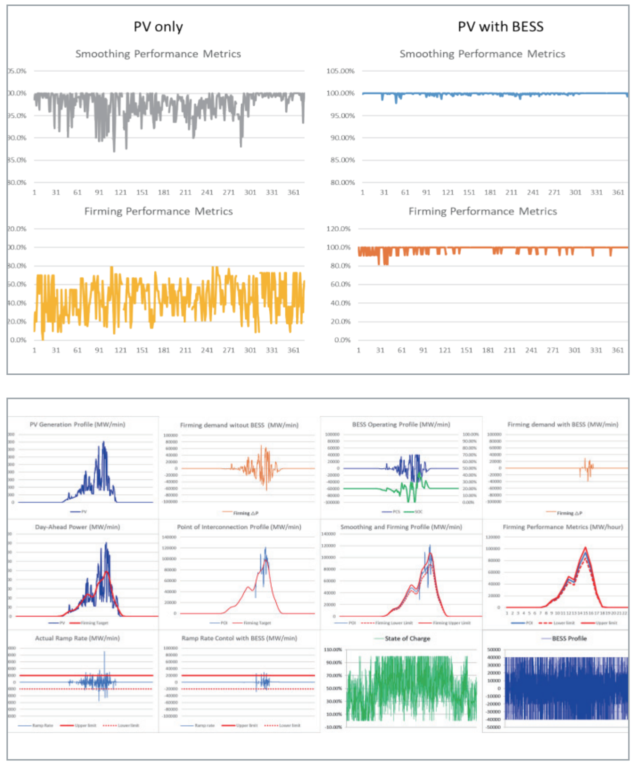
효성중공업 SEG는 위와 같은 신재생에너지 발전소용 솔루션을 제공하기 위해 고객사 발전소 운영계획을 분석하여 고객 ESS의 Front-end Engineering을 통해 필요 용량산정과 목표성능 보증을 지원하고 있습니다.

태양광 발전소의 경우 기상예보에 따른 출력의 변동성을 ESS로 최소화 하고 송전연계 사업자로부터 패널티가 부과되지 않도록 하여 고객의 수익 구조를 보호합니다. 구체적인 역할은 아래와 같습니다.

첫째, 고객이 운영하고자 하는 태양광 발전소의 분당 출력을 평활화(Smoothing)하여 시간당 변동률을 최소화 하고 피크 출력을 억제하며, 예측 가능한 범위 이내로 출력을 유지하여 태양광발전소의 불규칙 출력을 안정화 함으로써 TSO 연계 패널티를 억제할 수 있는 ESS 용량 산출.

둘째, 태양광 발전소가 체결한 전력판매시점에 따라 발전을 할 수 있도록 불안정한 발전량을 보상(Firming)해주어 일정한 발전이 유지 될 수 있는 최적 ESS 용량 산출.

셋째, 태양광 발전소 최적운전 솔루션을 제공하기 위한 ESS 운영 시뮬레이션 서비스를 제공하며, 전력수급계약을 기반으로 최적의 ESS 투자가 이루어질 수 있도록 기여 합니다.



[그림 1] BESS Performance Metrics & Profiles

[사례2. 마이크로그리드(Microgrid) 제안]

마이크로그리드(Microgrid)는 고객 소유의 소규모 계통으로 발전, 부하 및 계통에 연계와 절체가 가능한 STS(Static Transfer Switch)로 구성됩니다. Microgrid의 주요 목적은 소유자가 고수준의 전력 품질을 확보하는 것이며 계통의 정전이나 전력품질의 이슈가 발생하는 경우 계통과 분리하여 내부 전력의 안정성 및 품질을 확보합니다.

대표적인 Microgrid는 Campus Microgrid이며 강의동, 기숙사, 체육관 등 다양한 건물과 건물형 태양광 설비, 전기차 충전소, ESS 설비 등을 포함하고 있어 하나의 소규모 계통으로 구성이 용이하며 전력의 안정적인 공급이 매우 중요한 시스템입니다. 효성중공업은 가사도, 가파도 등의 도서지역을 대상으로 하는 시스템을 구축하여 Carbon-Free Island를 구축한 경험을 가지고 있으며 이러한 실적을 바탕으로 다양한 국가의 Campus Microgrid 관련 Front Engineering을 진행하고 있습니다. Microgrid 운영은 MGCC (Microgrid Central Controller)를 중심으로 진행되며 AI를 포함한 다양한 알고리즘으로 경제성을 극대화하고 공급안정도를 확보합니다.

2. Power Electronics 기반의 솔루션 엔지니어링 사업 강화

AC가 전압레벨 변환의 용이성, 회전자계를 통한 발전 및 관성의 활용을 기반으로 DC를 시장에서 몰아낸 지 100여년 이후, 전력계통에 대용량 전력용 반도체를 이용한 전력전자 기술이 적용되면서 패러다임의 변화가 크게 일고 있습니다. 전력전자 기술은 반도체를 이용한 빠른 스위칭 운전과 계통에 맞는 필터를 사용하여 원하는 전압 및 전류의 파형을 만들어내는 기술로 DC/AC간의 변환을 가능하게 합니다. 전력전자 기술은 AC/DC/AC, AC/DC, DC/AC로 다양하게 변환하면서 계통에서 필요로 하는 주파수/전압의 안정화 및 신재생 발전(대부분 직류전원)에 적용이 가능합니다. 효성중공업은 태양광, 풍력, 에너지 저장장치들이 계통에 연계될 수 있는 PCS (Power Conditioning System), 계통의 전압안정도를 향상하는 STATCOM 제품을 활용하여, 계통 경제성, 효율성 측면에서 고객에게 다양한 솔루션을 제안하고 있습니다.

[사례1, 세계 최대규모 스태콤 준공]

효성중공업은 2018년 신영주, 신충주 변전소에 ±400Mvar급 스태콤(STATCOM : STATic synchronous COMpensator, 정지형 무효전력 보상장치)을 설계, 승인, 제작, 검사, 시험, 운송, 설치, 시운전, 대관업무 일체를 포함한 Full-Turnkey방식으로 완공하였습니다. ±400Mvar급 스태콤은 단일 설비 기준 세계 최대 규모입니다.

[그림 2] 신영주 ±400Mvar 스태콤

자체 개발한 최신 전력 기술인 MMC (Modular Multi-level Converter: 컨버터를 통해 변환된 전력이 정상적인 교류 전력의 파형에 가깝도록 출력해주는 장치)를 적용해 대용량·저손실 스태콤을 구현했습니다.

[그림 3] 효성중공업㈜ MMC 스태콤

금번 설치된 신영주, 신충주 스태콤은 동해안에서 생산된 전력을 수도권 및 그 외 지역으로 보내는 전력망의 안정성을 향상시키며, 스태콤 설치로 기존 송전 선로 대비 송전 효율이 10% 가량 향상되면서 수도권 전력 수급도 개선되었습니다. 송전 효율이 높아져 수도권에 보다 안정적인 전력 공급이 가능해지고 연간 3천억원의 경제적 수익이 고객에게 돌아갔습니다.

[사례2, 미국 ESS 시장 진출 성공]

미국의 산업용 ESS 시장은 전 세계 ESS의 28%를 차지하는 수준으로, 신규 설치 기준 연간 0.5~1GWh 규모이며 2022년까지는 누적 약 4GW 규모로 성장할 것으로 전망됩니다. 효성중공업은 ESS에 있어 최대 시장인 미국에 2019년 10MW급 규모의 ESS를 성공적으로 납품 및 완공하였습니다. 주파수 조정(Frequency Regulation) 및 전력 부하 이동(Energy Shifting)의 목적으로 설치된 이 시스템은 현재까지 안정적으로 운용되고 있습니다.

미국에 납품 시 필수적인 까다로운 UL 인증을 통과한 자사 PCS를 적용하여, 다양한 용량의 프로젝트에 최적화된 설계를 제안할 수 있는 점도 강점으로 부각되고 있습니다. 아시아 제조사에 대해 보수적인 미국 시장에 이미 성공적으로 진출한 이 사례를 통해 효성중공업 ESS의 밝은 미래를 엿볼 수 있습니다.

[그림 4] 미국 오클라호마 ESS 프로젝트 전경

[사례3, 영국 ESS 시장 진입 성공]

영국 배스게이트 프로젝트는 영국시장에 납품한 ESS 프로젝트로서 750kW 규모의 컨테이너 형태로 제안되었습니다.

에너지 저장장치 시스템에 필수 자재인 PCS에 대하여 당사는 CE/UL 인증을 취득한 다양한 용량의 제품군을 보유하고 있으며, 본 프로젝트에도 해당 제품을 사용하였습니다. 설계 과정에서 영국 시장 적용을 위한 Grid Code (G99)의 적용을 위해 각종 시험을 시행하였으며, 그에 따른 고객 요구사항을 만족하기 위해 추가 회로를 구성하는 등 다양한 시장에 대응할 수 있는 기술역량을 보유하고 있습니다. 제어 시스템은 PCS 및 배터리의 정보를 취합하여 전체 시스템의 운전 및 감시의 기능을 수행합니다. 전체적인 동작을 당사 제어 시스템을 통하여 수행하기 때문에 운영자 측에서는 최소한의 명령을 통하여 시스템을 운영할 수 있으며, 실시간 모니터링으로 인해 오류가 발생할 경우 즉각적으로 대응을 할 수 있습니다. 전체 시스템이 설치된 컨테이너 역시 국내 기준이 아닌 현지 소방규정을 바탕으로 하여 구성되어 있으며, 이러한 주요 제품들에 대한 유동적인 설계구성은 향후 다양한 고객의 요청을 수용하는 것이 가능함을 보여줍니다.

이러한 통합 시스템을 통해 고객은 운영요소가 적어지고 더욱 간편하게 서비스를 공급받을 수 있게 되었습니다.

[그림 5] 영국 배스게이트 ESS 프로젝트 전경

영국 시장은 향후 5년간 약 2GW의 공급이 전망되는 큰 시장이기 때문에 해당 시장에 진출한 것은 앞으로 해외사업 확장에 시사하는 바가 큽니다. 본 프로젝트는 단독으로 Capacity market 참여를 통하여 이익을 창출하는 목적도 있지만 추가적인 프로젝트 진행을 통하여 지역망을 통한 소규모 VPP(Virtual Power Plant)를 구성하여 고객에게 이윤을 제공할 수 있는 기회 제공이 가능합니다.

3. 신재생 발전 대응 전력 솔루션 제공

당사는 글로벌 기후협약 및 4차산업혁명(IT/빅데이터/플랫폼 등)으로 인해 변화하는 환경 패러다임에 맞춰 미래의 청정 에너지산업을 선도하는 **"Total Solution Provider"**를 지향하고 있습니다.

아울러, 정부의 그린뉴딜, 신재생에너지 보급정책 및 에너지공급방식 다변화에 부응하기 위하여 신재생에너지원을 활용한 태양광발전, 풍력발전, 에너지저장장치(ESS), 연료전지분야의 다양한 실적을 보유중이며, 지속적으로 시스템 기술을 개발하고 오랜 경험과 노하우를 바탕으로 **"토탈 전력 솔루션"**을 제공하고 있습니다. 첫째, 당사의 **[태양광 발전 솔루션]**은 2007년 삼랑진 태양광 발전소 건설을 시작으로 현재까지 14년간 태양광 EPC사업분야에서 해외(153MW), 국내(93MW)의 다양한 프로젝트를 수행한 실적 및 경험/노하우를 보유하고 있으며, 사업성분석, 컨설팅, 인허가 지원 등 사업개발부터 O&M까지 태양광 사업에 관련된 기술 서비스를 제공하여 고객만족을 극대화하고 있습니다.

최근 전남 자라섬에 154kV 변전소, 태양광(24.2MW) 및 ESS(22MW) 등의 태양광 발전 전력시스템 프로젝트를 완료하였으며, 이는 국내 최초로 '신재생에너지 개발 이익 공유에 관한 조례'를 제정한 주민 참여형 프로젝트로 "Total Solution Provider"로서의 기술력과 노하우, 시공능력을 한눈에 볼 수 있는 사례로 꼽힙니다.

[그림 6] 자라 태양광 발전소 시공 사례

둘째, 당사의 **[풍력 발전 솔루션]**은 2006년 국내 최초로 육상용 750kW 풍력 발전기를 자체 개발 완료하였고, 2009년도에는 2MW 풍력발전기, 2014년도에는 해상용 5MW급 풍력 발전기를 개발하여 국제인증기관(독일, DEWI-OCC)에서 인증을 완료, 육상 및 해상용 풍력 발전기의 모델 라인업을 구축하였습니다. 2011년 국내 지방자치단체인 태백시청에 자체 개발한 2MW 육상용 풍력발전기 납품을 시작으로, 강원도 지역에 자체 국산풍력발전단지를 개발/조성하여 태백지역에 18MW 및 평창지역에 30MW 규모의 최적 풍력 발전 전력시스템을 완공하여 수익을 제공하고 있습니다.

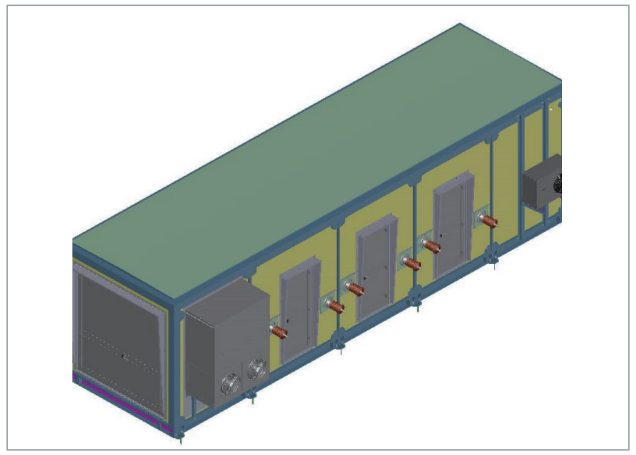
[그림 7] 평창풍력 30MW 발전소 시공사례

4. 모바일 솔루션 제공

모바일 변전소는 변압기, 차단기, 전장품 등 필요한 전력설비가 트레일러 위에 설치되어, 고객이 원하는 장소와 시간에 이동이 가능한 변전소 입니다. 모바일 변전소는 신속성, 이동성 등 장점을 활용하여 고장이 발생한 전력 설비를 대체하거나, 긴급하게 전력 계통에 연결해야 될 때, 장기간 전력설비의 정전이 필요할 때 그리고 광산, 유전같이 한시적으로 전력공급이 필요할 때 쉽고 빠르게 변전소를 설치할 수 있습니다.

당사는 변전소 주요 설비를 제작하는 Total Solution Provider로서 모바일 변압기 외 모바일 GIS, ESS, 스태콤 등 다양한 모바일 솔루션 라인업을 보유하고 있습니다. 그리고 변압기와 차단기를 단일공장에서 생산하기 때문에 Gas-to-Oil 스페이서연결 시 외기에 노출되지 않은 상태에서 시험까지 완료 후 모바일 변전소를 출하할 수 있습니다. 효성의 컴팩트 GIS를 활용한 모바일 변전소는 회전형 부싱을 적용하여, 145kV급은 최대 6 Bay까지, 245kV는 4 bay, 420kV는 1 Bay를 40ft E-House에 설치할 수 있어 컴팩트한 솔루션 제공이 가능합니다.

빠르게 변화하는 전력시스템 트렌드에 맞추어 친환경 및 디지털이 적용된 모바일 변전소도 빠른 시간 내에 고객에게 제안될 예정입니다.



[그림 8] 컨테이너/모바일 스태콤

5. 디지털 솔루션

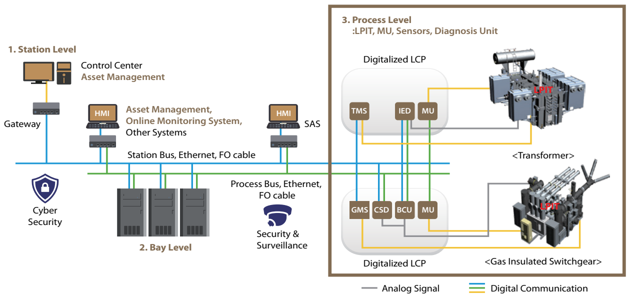
효성에서는 Industry 4.0 및 DX(Digital Transformation)트렌드와 발맞춰, 전력 설비의 디지털화 솔루션을 제공하고 있습니다.

클라우드 및 플랫폼 소프트웨어 기반 자산관리, 마이크로그리드 및 VPP(Virtual Power Plant)솔루션, 실 이벤트 데이터를 이용한 A.I 예측/관리 모델 및 IEC 61850 기반의 프로세스 버스 솔루션 제품을 상용화하고 있으며, 고객에게 비용/효율 최적화 및 신뢰성 향상의 가치를 제공하고 있습니다.

[디지털변전소]

디지털변전소는 국제표준규격인 IEC 61850에 따른 통신 네트워크 및 시스템을 구축하여, 제어 및 보호 기능을 디지털화한 변전소를 의미합니다. 이는 변전소 내 디지털 장비의 상호 운영성 확보를 통한 고객 선택성을 확장하는 동시에 안전성 향상, 부지 축소 및 자산운용 최적화 등의 이점을 제공할 수 있습니다.

1990년도 중반 부터 Station Bus(IED-모니터링시스템)을 중심으로 한 Half 디지털변전소가 상용화되어 현재까지 범용으로 사용되고 있으며, 2000년도부터 Process Bus(LPIT, MU)를 포함한 Full 디지털변전소가 유럽, 중국을 중심으로 시범사업을 통해 상용화 되고 있습니다.

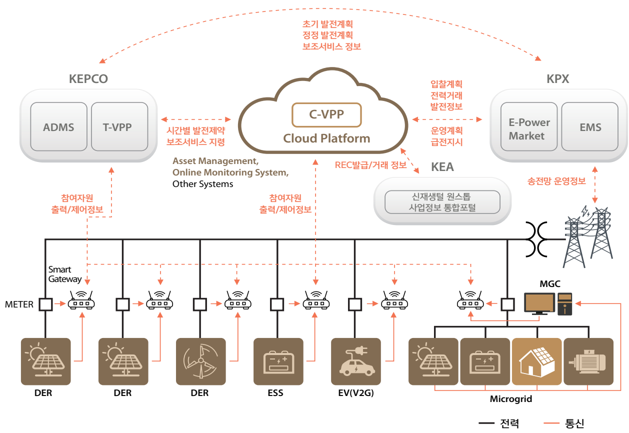


[그림 9] IEC 61850 기반 디지털 변전소 구성

당사에서는 1990년대 후반부터 디지털변전소 관련 연구개발을 수행해왔으며, 현재, A.I 및 클라우드/플랫폼 기술이 적용된 진단/모니터링/자산관리솔루션과 IEC 61850 기반의 디지털 솔루션을 제공하고 있습니다. 특히, 프로세스 버스 관련 솔루션은 케이블링 및 트렌치 80% 감소, GIS 길이 5~10% 감소 및 릴레이룸 50% 이상 감소 등 부지 절감 효익과 광통신 네트워크를 통한 안정성을 고객에게 제공합니다. 또, 10,000여건의 실 고장 데이터를 이용한 상태 예측 및 최적 유지보수 플랜을 제공가능한 솔루션인 ARMOUR는 A.I기술을 통해 95% 상태 예측 성능을 가지고 있으며, 고장 위험비용 95% 절감, 유지보수 비용 30% 절감의 효익을 제공할 수 있고, 클라우드를 이용한 원격 감시 및 확장성을 위한 플랫폼 기반 소프트웨어 솔루션을 제공할 수 있습니다.

[VPP(Virtual Power Plant)]

VPP는 전력도매시장에서의 전력거래를 위해 여러 종류의 분산에너지 자원을 하나로 묶어 생산/소비를 하나의 발전원처럼 관리하는 클라우드 기반의 발전소입니다.



[그림 10] VPP 시스템 구성도

VPP는 배전망에 연계된 수많은 신재생전원을 예측과 제어가 가능한 하나의 자원으로 통합시킴으로써 국가 전력망의 에너지 수급에 기여하며, 배전망 보조서비스를 실시간으로 제공하여 신재생전원의 변동성을 흡수하고 망 안정성과 신뢰성을 향상시키는 데 기여합니다.

VPP는 클라우드 기반의 운영시스템을 바탕으로 참여 고객의 자산 운영 및 거래수익 정보를 실시간으로 제공하며, 또한 인공지능 기법을 이용한 전력 가격 제공, 신재생전원 발전량 예측에 기반한 발전계획 제공 및 ESS를 이용한 실시간 출력변동 보상을 통해 참여 고객들에게 최대 수익을 제공해줄 수 있습니다.

효성중공업은 전력시스템의 Total Solution Provider로서 기존사업분야에서는 전력계통의 핵심 기기인 차단기, 변압기를 비롯하여 클라우드 기반의 전력설비 자산관리시스템(Asset Management System)까지 폭넓은 제품 공급 역량을 가지고 있으며 전력계통을 기초로 전력전자기술과 IT기술을 융합하는 신사업 제품으로 신재생에너지 발전시스템, ESS(Energy Storage System), 스태콤을 다수의 고객에게 공급하여 정부의 신재생에너지 확대 정책 및 민간기업의 RE100 실천을 선도하고 있습니다.
특히, 시스템 엔지니어링을 전문으로 하는 조직인 솔루션 엔지니어링 그룹에서는 기존사업 및 제품의 융합과 지능화를 통한 최적 솔루션의 제안 뿐만 아니라 미래사업인 전력전자 기반의 솔루션 엔지니어링 사업, 신재생 발전 대응 전력 솔루션, 모바일/디지털 솔루션 제공을 통해 고객에게 수익을 제공하고 있습니다.
효성중공업은 끊임없이 기술 역량을 키우고 고객의 요구사항에 항상 귀 기울이며 선제적으로 고객의 문제점을 분석하여 최적의 솔루션을 제공하는 Front Engineering의 역량을 발휘하여 고객의 만족을 극대화하는 데에 최선을 다하고 있습니다.

김정배 상무
솔루션 엔지니어링 담당

최대희 부장
시스템 솔루션
엔지니어링 팀장

노승환 차장
국내 솔루션
엔지니어링 팀장

친환경 시대를 위한 미래형 변압기

Ester filled Transformer

미래 전력망 시스템에 요구되는 핵심 기능은 친환경입니다. 최근 전력기기에서 발생하는 화재 및 오염 물질 유출이 사회적인 문제가 되고 있기 때문에 오염을 증가시키지 않고, 자연적으로 생분해 될 수 있는 친환경 기기에 대한 수요가 증가하고 있습니다.
효성중공업은 이러한 요구 사항을 충족시키기 위해 기존 광유를 대체한 환경친화적인 생분해성 에스테르유 변압기 라인업을 제공하고 있습니다.

에스테르유 변압기는 환경 친화적이며 높은 화재 안전성, 내습성에 따른 뛰어난 열화특성, 비용절감 등의 이점이 있습니다.

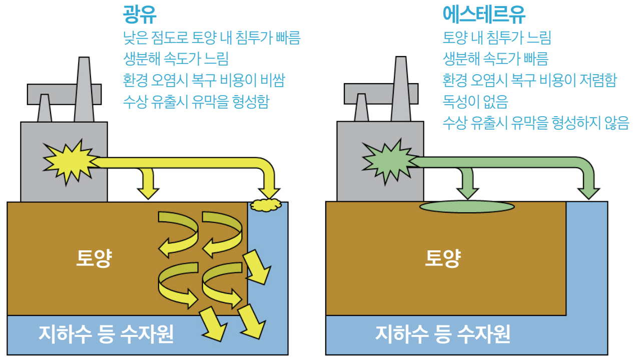
[그림 1] 에스테르유 변압기의 이점

친환경

효성중공업은 친환경 변압기를 통해 신재생 에너지를 그리드에 연결하도록 하여 인간과 환경 모두를 위한 지속 가능한 친환경 인프라 구축을 지원합니다.

에스테르유는 광유와 비교시 독성이 없고, 토양 내 침투가 느리며 쉽게 생분해되므로 예기치 않은 사고로 변압기에서 유출 되더라도 위험이 적습니다.

이러한 이유로 해상풍력, 해상변전소, 도심지 지하 변전소 및 신재생 발전 단지 등 환경 오염에 취약한 환경에 설치되는 변압기에 적용하기 가장 적합합니다.

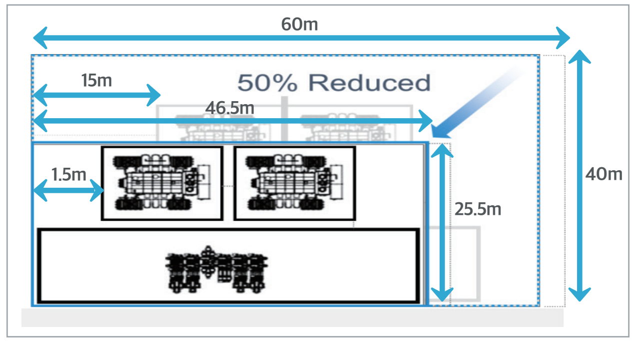


[그림 2] 절연유 유출 사고시 비교
(출처 : 절연유 제조업체 C社 제공자료)

화재 안전 및 비용 절감

에스테르유의 뛰어난 특성 중 하나는 화재 안전입니다. 에스테르유는 연소점이 300 ℃ 이상으로 "K" 등급으로 분류됩니다. 기존 광유보다 연소점이 높을 뿐만 아니라 자기 소화력으로 방재 성능도 우수합니다. 이러한 이유로 에스테르유를 사용하면 다음과 같은 장점이 있습니다.

- 변압기와 방화벽 사이의 거리를 줄여 전체 설치 공간 축소 가능.
- 변압기 기초 구조 비용의 절감.
- 절연유 유출 방지 시설 비용의 절감.
- 소방 시스템 구축 비용의 절감.
- 빌딩 내부에도 변압기 설치가 용이.
- 뛰어난 화재 안전성으로 연간 보험료 절감.



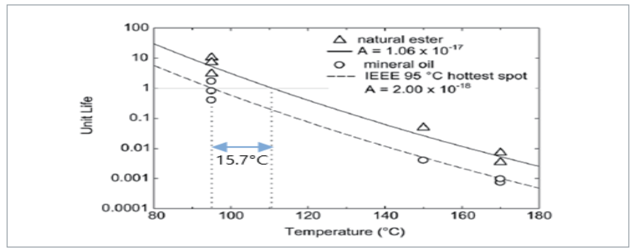
[그림 3] 에스테르유 변압기의 공간 절약 효과
(출처 : FM Global recommendations)

	Mineral Oil TR	Synthetic Ester TR	Natural Ester TR
Initial Cost	1	1.15	1.05
Operation Cost	0.01	0.02	0.02
Maintenance Cost	0.3	0.36	0.36
Maintenance Intervals (Year)	5	5	5
Transformer Lifetime	50	60	60
Maintenance Times	10	12	12
Maintenance Cost per Visit	0.03	0.03	0.03
Civil Works	0.61	0	0
Fire wall	0.14	0	0
Control Building Walls	0.2	0	0
Boundary Walls	0.27	0	0
Possible Land Extension	0	0	0
Downtime Cost	0.001	0	0
Downtime Frequency (Fire)	0.01	0	0
Downtime Cost per Event	0.1	0	0
Remaining Value	-0.4	-0.5	-0.5
Total Cost of Ownership	**1.52**	**1.03**	**0.93**

[그림 4] Total Cost 비교 (광유 VS 에스테르유)
(출처 : 절연유 제조업체 M社 제공 자료)

내습성에 따른 뛰어난 열화 특성

변압기의 사고를 피하기 위해서는 열화 방지를 위한 세심한 유지보수가 중요합니다. 변압기의 수분은 절연물 열화에 직접적인 악영향을 미칩니다. 에스테르유는 광유에 비해 포화 수분량이 높기 때문에 광유보다 절연물에서 수분을 더 흡수하여 변압기 절연물을 건조하게 유지합니다. 따라서, 에스테르유 변압기에서 절연물은 광유 대비 열화속도가 느리며 고온/과부하 운전시에도 열화 특성이 뛰어납니다.
(일반절연지 기준 15.7℃ 높은 온도에서 동일한 수명 유지)



[그림5] 광유/에스테르유 함침 절연물 수명 비교
(출처 : IEEE C57.154 Annex B)

고객의 안전과 환경을 더불어 생각합니다

효성중공업은 미래 전력망 시스템의 선두주자로서 에스테르유 변압기 안정화 및 성능 개선을 위한 연구활동을 지속적으로 추진하고 있습니다. 에스테르유의 열화 특성에 관한 연구, 변압기 적용시 절연 특성, 냉각 특성 등에 대한 연구활동을 통해 고객에게 이점을 제공하기 위해 끊임없이 노력하고 있습니다.

[그림 6] 당사 진행 절연유열화특성 평가 시험

효성중공업은 친환경 산업의 선두 주자로서
전 세계에 160대 이상의 에스테르유 변압기를 공급하고
프로젝트를 성공적으로 수행했습니다.
우리의 목표는 현재 고객의 요구를 충족시킬 뿐만 아니라
미래에 더 나은 삶을 제공하는 것입니다.

[그림7] 효성중공업 납품 에스테르유 변압기
(프랑스 ITER 핵융합 / 오만 DUQM)

손명공 차장
변압기 기술개발팀

박태성 사원
변압기 기술개발팀

가변리액터를 이용한 송전 계통의 무효전력 최적화

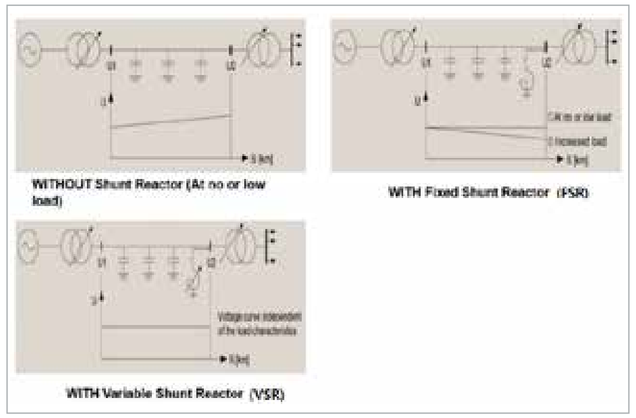
Variable Shunt Reactor

효성중공업은 품질과 기술 우수성에 대한 확고한 마인드를 바탕으로 고객에게 전압 안정성, 전력 품질 및 재생 가능 에너지의 통합 요구를 충족 시키는 혁신적인 기술을 제공 합니다. 분로리액터는 무효전력의 보상에 있어 장거리 송전 선로 또는 지중 케이블의 전압 안정 및 조정에 목적이 있으며, 보다 경제적이고 신뢰할 수 있는 가변형 리액터(Variable Shunt Reactor)를 소개 합니다.

* VSR : Variable Shunt Reactor / * FSR : Fixed Shunt Reactor

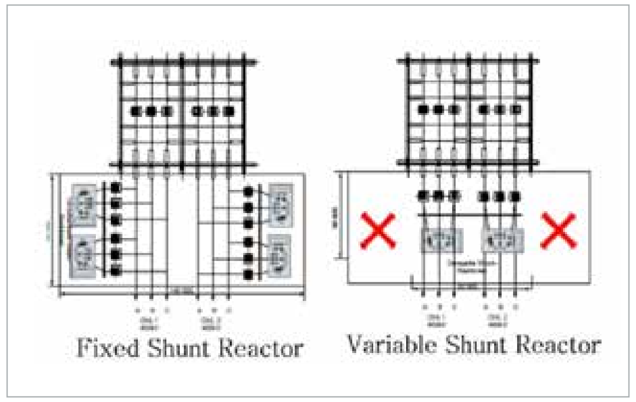
VSR 개요

송전단과 수전단 사이 장거리 송전선로 또는 지중케이블과 대지간 발생되는 충전용량에 의하여 경부하 혹은 무부하시 수전단의 전압이 송전단의 전압보다 상승하는 페란티 현상이 발생 됩니다.
이 경우 분로 리액터를 투입하여 무효전력을 보상하고 수전단의 전압을 안정화 시킬 수 있습니다.



[그림 1] FSR & VSR 사용시 전압 안정화

부하의 변동이 심하거나 신재생 발전원이 연계되는 경우 발전원의 발전량 조절의 어려움으로 경부하 시 계통의 전압이 상승하고, 계통의 신뢰도 저하 및 운영에 어려움이 수반됩니다. 또한 스위칭 동작 시 과도 서지 전압 발생으로 전력 기기의 고장을 초래합니다.
이 경우 VSR을 투입 하면 스위칭 시 전압 강하가 상대적으로 적고, 단계적인 무효전력 보상이 가능하여 계통 신뢰도 향상 및 고장율을 저감 시킬 수 있습니다.
또한 VSR은 회로 차단기, 접지 스위치 같은 장비가 적어 공간이 절약 되기 때문에, Converter Station보다 설비공간이 적게 차지하여 2대의 리액터를 한 대의 VSR로 대체 가능하고, 고비용의 SVC(Static Var Compensator)를 대체 할 수 있는 장점이 있습니다.



[그림 2] FSR과 VSR 설비 공간 비교

VSR 장점

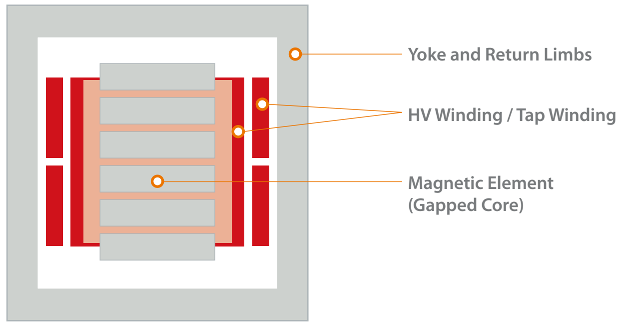
- 정상 상태의 전압 조건 유지
- 기기 설치 공간 및 구매 비용 감소
- 스위칭 장치의 스트레스 감소(급준과도전압)

VSR을 선호하는 계통 조건

- 부하가 변하는 네트워크 (예 : 태양열, 풍력 등)
- 도심, 공장 밀집 지역과 같이 낮과 밤의 부하 변동이 큰 변전소
- GIS와 연결 된 분로리액터의 스위칭 동작이 빈번히 발생되어 과전압 서지가 발생되는 계통

효성중공업 VSR의 성능

VSR의 구조는 FSR과 일반적으로 다르지 않으나, 무효전력을 조절하기 위한 별도의 권선이 존재 합니다.



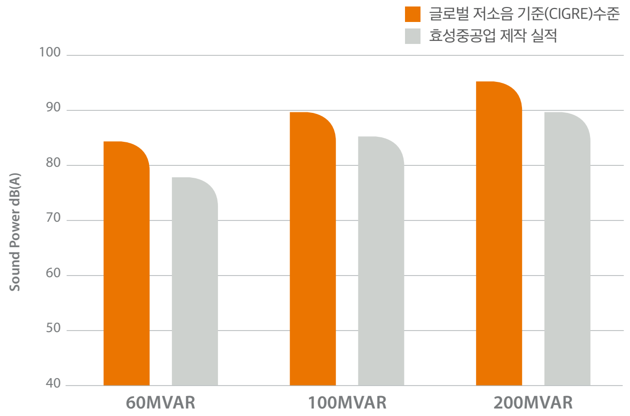
[그림 3] VSR의 구조(OLTC 포함)

VSR의 가변 범위는 표1과 같으며 더 큰 가변 범위를 가지는 설계가 가능 합니다.

Rated Voltage(kV)	Regulation Range (%of Maximum Rated Power)
110	35% - 100%
220	40% - 100%
345 or 400	50% - 100%
500	55% - 100%

[표 1] 전압별 VSR 가변 범위

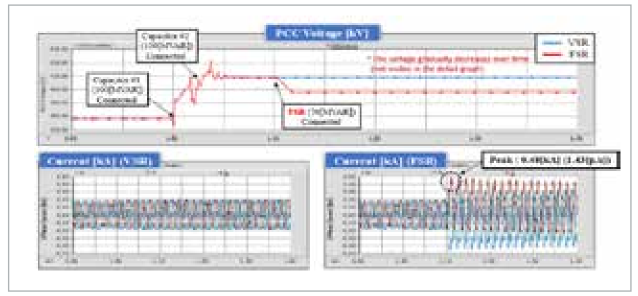
Gapped Core는 진동을 최소화하기 위해 매우 단단히 고정되야 하고, 각 상의 번들은 상, 하부 요크에서 정확하게 수평을 이루어야 합니다. 이 조립 작업에는 진동 및 소음 수준을 낮추기 위해 고도로 정밀하고 숙련된 작업을 요합니다. 효성중공업은 특화된 저소음 기술을 기반으로 국제 규격 수준보다 낮은 소음의 리액터를 제공 합니다.



[그림4] 글로벌 저소음 기준 대비 당사 소음 수준

VSR 적용 계통의 해석 기술

효성중공업은 고객의 부하 정보를 기반으로 VSR 투입시 계통 해석을 수행하여 최적의 계통 운영 방안을 제공 합니다.



[그림 5] FSR & VSR 계통 해석 결과

효성중공업은 1990년대 Gapped Core Type 분로리액터가 개발 된 이후 약 30개 국가에 22.9kV 30MVA 이하 200여대, 154kV~765kV급 400대 이상의 분로리액터를 공급 했습니다.
에너지 시장에서 고객의 요구와 경쟁은 증가하고 있으며, 환경 문제는 재생에너지의 성장을 이끌고 케이블 네크워크의 사용을 확장하고 소음 수준을 낮추는데 관심이 높아지고 있습니다.
효성중공업은 특정 응용분야에 고객 맞춤으로 리액터를 제공합니다. 공간 축약적 저소음 리액터, 고객 계통에 맞추어 효율을 증대 시키는 VSR 등 경험과 노하우를 바탕으로 효성중공업은 계속해서 분로 리액터에 대한 고객의 복잡한 요구를 충족 시키기 위한 새롭고 정교한 제품을 개발하고 제공합니다.

강문식 차장
변압기 기술개발팀

대용량 GIS의 필요

중동, 북미 등의 주요 시장을 중심으로 도시 집중화의 심화에 따라 필요 전력량이 증가하고 있으나 변전소 부지 확보에는 더욱 어려움을 겪게 되면서 계통의 용량 증대가 필요하게 되었습니다. 효성중공업에서는 대용량 GIS를 개발하여 고객 요구에 대응하고 고객의 용량 증대 시점에 따라 유연한 대응이 가능하도록 제품 라인업을 확보하고 있습니다.

필요 전력량의 증가

북미 지역은 전력 민영화에 따라 약 2,430개의 개별 전력청이 전력을 공급 중으로 도심지를 중심으로 '20년 기준 연 3억불 수준의 GIS 시장이 형성되어 있습니다.

도심지 전력수요 증가 외 데이터센터 등 신규 전력수요 및 태양광 등 신재생 발전원 연결로 인해 뉴욕, 워싱턴DC 등 동부 주요 도시를 중심으로 전력망의 부하가 높아지고 있는 추세입니다. 이러한 부하 증가에 대해 민영화된 북미 전력청들은 최소한의 투자를 통해 안전성을 확보하고자 신규 전력망 건설 대신 기존 전력망의 차단용량을 확충하는 방향으로 투자를 진행하고 있으며 이에 따라 63kA, 80kA 이상의 고용량 차단기의 수요가 증가하고 있습니다.

중동 지역에서는 쿠웨이트에서 전력양의 수요 증가가 가장 두드러집니다. 중동의 기후적 요인과 쿠웨이트의 높은 인구 증가율로 인해 매년 에너지 소비량이 증가하는 추세에 있습니다.

또한, 쿠웨이트에서는 중동의 비즈니스, 문화, 교육의 허브로 활약하기 위해 '17년 발표한 중장기 국가 개발 정책 'New Kuwait 2035'로 인하여 향후 에너지 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망됩니다.

쿠웨이트의 이런 정책은 항구, 항만, 도로 등 사회 간접 자본 시설의 확충과 의료 시스템 개선, 신도시 개발 사업 등 사회 전반에 걸쳐 진행 예정으로 '19년 19.4GW 수준이던 전략 공급량이 2035년에는 36GW까지 증가할 것으로 전망하고 있습니다.

전력 수요 증가에 대한 대응 방안

전력 수요 증가에 대한 대응책으로는 전력계통의 승압을 통한 계통 분리, 용량증대에 따라 상승할 수 있는 단락전류를 제한하는 한류리액터의 적용 또는 개폐기기의 허용 단락전류용량을 상승시키는 방안이 있을 수 있습니다. 승압을 통한 송전계통의 분리는 설비에 대한 신규투자가 필요하고 승압으로 인해 철탑 등의 송전 기반시설 설치문제로 도심 지역의 적용에 대한 합의가 어려울 수 있으나, 계통상 GIS 용량 증대를 통해 타 설비의 신규 투자나 기반시설의 추가 건설 없이 기존 변전소를 활용하면서 일부 GIS 교체로 대응이 가능합니다.

최근 GIS 제조 기술의 향상으로 부지의 축소 사용도 가능하며 이에 따른 공사기간의 축소로 Total Cost의 대폭적인 절감이 따를 것으로 예상됩니다. 용량증대에 따른 단락전류의 상승을 제한해 주는 한류리액터의 적용은 한류리액터 비용이 높고 다빈도 개폐에 따른 개폐장치의 유지보수 비용 증가라는 문제점이 있습니다.

그러나, 이를 GIS용량 상승 기술로 대응한다면, 최소한의 유지보수 비용으로 시스템의 유지가 가능하여 주기적인 유지보수비용의 절감과 함께 공급전력의 품질확보 효과도 가져갈 수 있습니다.

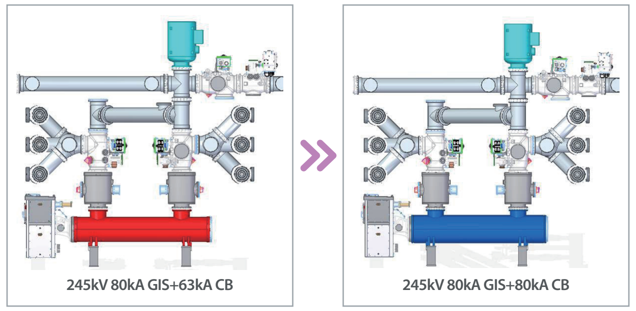
GIS의 용량 증대 기술의 적용은 과밀화/디지털화가 가속화되고 있는 도심지에 혐오시설로 분류되는 고압변전설비 건설에 수반되는 지역사회의 반발과 환경영향 평가로 인한 제약을 최소화 하여 송/배전 계통을 관리하는 고객들 입장에서도 전력설비의 용량증대가 가장 합리적인 선택지가 될 수 있습니다. 규제 극복/비용 절감/전력품질 향상 측면에서 최상의 솔루션인 것입니다. 이런 시장 상황에 대응하여 당사는 고객의 요구에 맞춰 245kV 63/80kA GIS개발에 성공하였고 북미 고객들의 신규 프로젝트 설계에 협력하고 있습니다. 또한 중동 지역에서의 유사한 시장 흐름에 대응하기 위해 420kV 80kA GIS의 개발에 착수, 2020년 완료하면서 차단/단락전류 용량이 증대 된 개폐기기의 라인업을 완성하였습니다.

GIS 정격 및 Design

대용량 GIS는 고객의 요구를 완벽히 반영하여 운영과 유지보수가 가능하도록 설계 되었습니다.

1. 필요 용량에 따른 차단기 분리 및 교체

245kV 80kA GIS는 고객이 필요로하는 용량에 따라 245kV 80kA GIS와 63kA CB로 운영중 요구 전력량이 증가하면 80kA CB로 교체하여 운영 가능합니다.



[그림 1] 대용량 GIS의 CB 교체

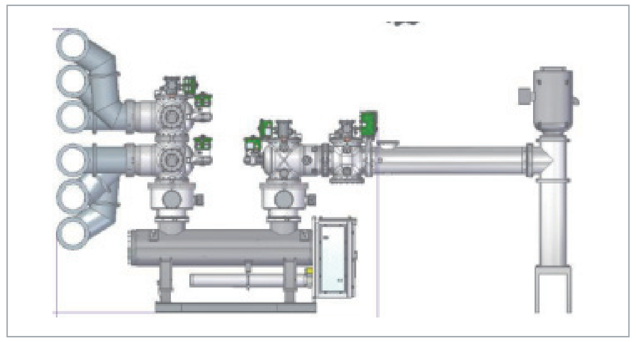
2. 북미 시장에서 요구하는 245kV 63kA/80kA GIS, 쿠웨이트 시장에서 요구하는 420kV 80kA GIS에 대해 고객 요구 사양을 만족하도록 개발하여 대용량 GIS에 대한 라인업을 완성하였습니다.

정격 전압	245kV	245kV	420kV
단락 전류	63kA	63kA	80kA
주파수	60Hz	60Hz	50Hz
정격 전류	4000A	4000A	6300A

[표 1] 대용량 GIS의 Line-up

3. 245kV 63/80kA GIS는 복합소호 차단부와 스프링조작기를 적용하여 스프링조작기를 선호하는 북미 고객 요구를 반영하여 개발하였습니다.

4. 420kV 80kA GIS는 단순퍼퍼 차단부와 유압 조작기를 적용하여 420kV급에서의 80kA 단락 전류 차단 성능을 확보하면서 1점절 무콘덴서 차단부로 개발하여 동작 및 계통의 안정성을 확보하고 경쟁사 대비 가장 Compact한 제품으로 개발하였습니다.



[그림 2] 420kV 80kA GIS Layout

도심화로 인한 전력 집중화 현상은 지속될 것으로 전망되고, 그에 따른 송전 선로의 대용량화의 필요성은 점차 증가할 것으로 예상됩니다.

이에 따라, 당사는 대용량 GIS의 라인업을 구축 함으로써 고객의 요구를 반영한 전력 시스템의 가장 효율적인 솔루션을 제공할 수 있습니다.

도심화 변전설비에 가장 적합한 Compact하고 안정적인 제품을 당사에서는 제안 할 수 있습니다.

김진호 상무
차단기 담당

맞춤형 MV GIS의 장점과 친환경 GIS

Benefit of MV GIS and Non SF_6 Solutions

효성중공업의 MV GIS는 다양한 요구를 만족 할 수 있는 최적의 솔루션을 고객에게 제공하고 있습니다. 컴팩트한 크기의 GIS와 Non-SF_6 인 DAIS(Dry Air Insulated Switchgear)제품은 Customizing 설계로 다양한 고객으로부터 호평을 받고 있습니다.

도심 변전소의 공간 부족 및 부지 매입 비용의 증가로 전통적인 AIS (Air Insulated Switchgear)에서 MV GIS (Medium Voltage Gas Insulated Switchgear) 제품으로 변경하려는 고객 요구가 증가하는 추세입니다. 또한, 기후변화 위기로 기존 절연매질 SF_6에서 친환경 절연매질(GWP "0", Global Warming Potential:CO_2 대비 온난화 지수)을 적용한 MV GIS의 적용이 점차 확대되고 있습니다.

효성중공업의 MV GIS 제품은 global trend 에 따라 고객 요구를 만족시킬 수 있는 최적의 제품을 제공하고 있습니다. 각 변전소 별 계통에 맞추어 최적화 설계가 가능하고, maintenance free, removable VCB (Vacuum Circuit Breaker) 적용 등 다양한 기술 요구에 대해 성능 및 구조를 만족할 수 있는 customizing 설계가 가능한 장점을 보유하고 있습니다.

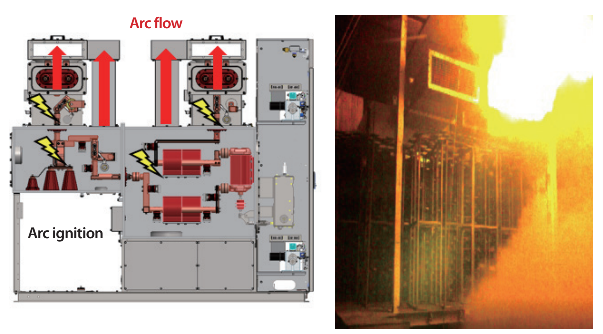
특히, 전력청, 전기전자 및 반도체, 신재생 에너지 등 여러 분야의 납품 실적을 보유하고 있으며, 수십년간 쌓아 온 설계 know-how 및 제품 신뢰성은 고객에게 많은 장점을 제공하고 있습니다.

효성중공업 제품은 maintenance free, compact size, 내아크 성능 등이 적용된 최고 수준의 제품입니다. 대용량 전류통전(~4000A)이 가능한 기종 보유, single/double bus type, reliable monitoring system 등 다양한 사양 및 기능을 보유하여, 고객의 요구를 충족시키고 있습니다.

MV GIS는 기존 AIS 대비 width 및 depth 축소가 가능하여 변전소 설치면적을 최소화 할 수 있으며, AIS 대비 50% 이상 설치 공간 축소가 가능함을 그림 1 에서 보여 줍니다.

[그림 1] 변전소 내부의 설치 면적 비교

MV GIS는 외함 밀폐 구조로 열악한 환경조건(온도, 습도 등), 외부 유입물(먼지, 벌레 등)로 부터 적절하게 보호될 수 있어, 유지보수 비용을 절감할 수 있고, 안정적인 절연성능 확보로 신뢰성 있는 전력 계통 운영이 가능합니다.

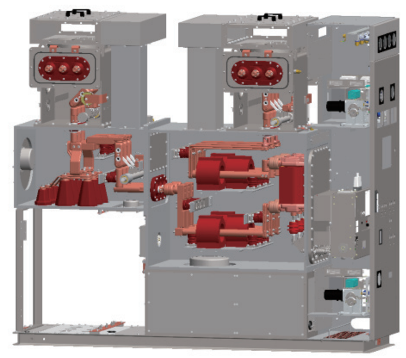


(a) 아크 방출 경로 (b) 내아크 시험

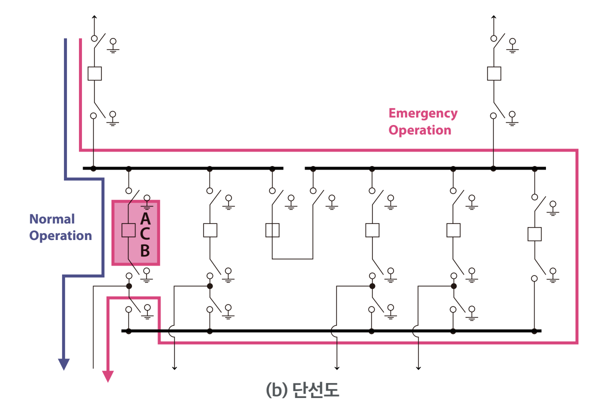
[그림 2] 아크 발출 경로와 내아크 시험

그림 2는 internal arc 발생 시 아크 방출 경로를 보여주고 있습니다. Internal arc simulation program을 활용하여 compartment 별 최적의 arc flow에 대한 연구와 arc 방출 압력에 따른 효율적인 설계를 적용하였습니다. STL (Short-circuit Testing Liaison) 인증 기관에서 internal arc 시험을 실시하여, AFLR 40kA 1s(IEC 622271-200), Type 2B 40kA 1s(IEEE C37.20.7)의 내아크 Certification 을 확보하였습니다.

효성 GIS는 cable compartment 시험 시 차단기를 제거하여, 차단기 유지보수 시 아크 사고로부터 운영자 안전이 보호 될 수 있음을 시험으로 확인 하였습니다. 만약의 아크 사고 발생 시에도 효성중공업 제품은 gas compartment 별 모듈화로 사고 부위 파급 제한 및 신속 교체가 가능한 장점을 보유하고 있습니다.



(a) 외형도



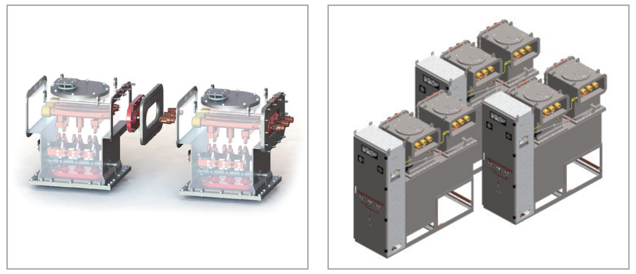
(b) 단선도

[그림 3] MV GIS의 Transfer bus 시스템

그림 3은 transfer bus system의 기본 구조 및 정상 운전과 비상 운전 시의 단선도를 보여주고 있습니다. Transfer bus system은 차단기 유지보수를 위하여 차단기를 제거한 상태에서 무정전 운전이 가능하여, 해당 bay의 부하 정전없이 차단기 점검이 가능한 최적의 솔루션입니다. 정상 운전 시 1 모선으로 전원을 인가 받아 차단기를 통해 전원을 공급하여 주며, 차단기 유지보수가 필요한 경우 2 모선으로 연결 후 차단기 양단의 3P switch(disconnector & earthing switch)를 동작하여 접지 후 무 정전으로 차단기 유지보수가 가능한 시스템입니다.

CT(Current Transformer)사용 위치에 대해서 customizing 설계가 가능합니다. 차단기 2차 측에만 CT가 설치되는 것이 일반적이나, protection과 detection을 위해 차단기 양단(1차 측과 2차 측)의 전류 차를 확인하여 차단기 자체의 누설 발생 등의 감시가 가능하도록, 차단기 양단에 CT를 구성하여 설계하였습니다.

Cable connection 위치에 대해 customizing 설계가 가능합니다. Underground cable connection 을 기본으로, overhead 및 rear cable connection 등 인입 위치와 관계없이, 설치 조건에 맞추어 자유롭게 cable connection 이 가능합니다.



[그림 4] 분리가능한 프랜지 구조

그림 4는 removable flange 구조를 적용하여, 열반되어 있는 중간 제품을 쉽게 교체 할 수 있는 구조를 보여주고 있습니다. 각 bay 별 열반되는 모선 spacer의 조립 구조를 고정 tank에 조립하는 방법 대신, removable flange 구조로 설계 하였습니다. 기존에는 사고 발생한 bay가 중간에 있을 경우 해당 bay 교체가 어려웠으나, removable flange 구조로 개선하여 사고가 발생한 bay만 쉽게 교체하도록 하였습니다.

[그림 5] 뷰포트(Viewport) 카메라 시스템

그림 5는 3P switch에 대해 close-open-earth 상태 확인을 위해 viewport camera system을 적용하였고, 기기 전면 front door에서 LCD screen으로 운영자가 직접 눈으로 확인 할 수 있습니다.

3P switch에 설치된 camera를 통해 정확한 동작 여부를 확인하여, 운용자의 오동작 방지를 사전에 예방 할 수 있습니다.

[그림 6] 내진시험

[그림 7] DAIS (Dry Air Insulated Switchgear)

효성중공업 MV GIS 제품은 high performance operation 성능의 VCB(E2, M2, C2 class)[1] 를 적용 하였으며, 0.5g 수준의 내진 설계 적용, 부분방전 센서를 적용한 예방진단 시스템, 오동작 방지를 위한 VCB – 3P switch interlock system 등 고객에게 다양한 solution을 제공 할 수 있습니다.

Note 1) VCB Class

E2 : 전기적 내구성 최고 등급으로 100% 단락전류 50회 차단성능

M2 : 기계적 내구성 최고 등급으로 차단기 10,000회 동작

C2 : 충전전류 재점호 발생확률이 매우 낮은 최고 등급

SF_6 가스의 GWP 지수는 약 23,900 으로 매우 높아, 환경 관점에서 SF_6 가스가 적용되는 기기는 향후 사용이 제한 될 가능성이 큽니다.
MV GIS에서 SF_6 가스를 대체할 최적의 절연 매질인 dry air는 기존 SF_6 가스 대비 절연 30~40%, 통전 60~70% 수준의 성능으로 compact design 의 어려움이 있습니다.

Dry air 를 적용한 우리의 제품은 전기적, 기계적, 화학적 특성이 우수한 재료의 사용과 최적 절연 설계로 기존 SF_6 가스를 적용한 GIS와 유사한 사이즈로 DAIS 제품을 구현하였습니다.

효성중공업의 DAIS 제품은 2013년도 출시하여, 현재까지 658 bay 납품 실적을 보유하고 있고, GWP 계수가 "0"인 dry air 를 적용하였습니다. 정상 운전 및 maintenance 를 안전하게 수행 할 수 있는 구조를 갖추고 있으며, 내 트래킹 및 유리전이온도(Tg 130℃)가 우수한 절연 재료를 사용하여 장기간 사용에도 제품 성능이 저하되지 않는 장점이 있습니다.

사용된 절연물의 신뢰성 검증을 위해 정격 전압 1.6 배 과전압을 적용한 가속시험을 통해 수명 30년 보증 시험을 완료하였고, DAIS 완제품에 대해서는 3개월간 실 부하 실증시험으로 신뢰성 검증을 완료하였습니다. 또한, 앞서 언급한 MV GIS의 장점인 customizing 설계 및 제품 성능 등은 DAIS 제품에도 적용하여 설계하였습니다.

효성중공업의 MV GIS 및 DAIS 제품은 높은 신뢰성과 안전성이 요구되는 전력청, 전기전자 및 반도체 공장 등 다양한 곳에 납품되어 품질을 인정받고 있습니다.
지속적인 연구개발과 고객 요구를 반영하여 개발된 컴팩트한 크기의 MV GIS, DAIS 제품은 국제 규격인증(IEC, IEEE 등)을 획득 하였으며, 고객 안전을 최우선의 가치로 하여 다양한 기술적 요구 사항을 만족하는 customizing 설계로 최적의 제품 solution 을 제공해 나갈 것입니다.

정재훈 부장
전장 담당

Service of Power Utility

포스트 코로나 시대, 원격 설치 지원을 통한 새로운 패러다임 제공

'20년 3월 11일, 세계보건기구(WHO)의 COVID-19 팬데믹(세계적 대유행) 선포 후, 우리의 산업과 경제는 새로운 방식으로의 변화를 요구 받고 있습니다. 특히, 더욱 가속화되고 있는 디지털 경제는 비대면 서비스 확대로 이어지고 있으며 지속적으로 수요가 증가하고 있습니다. 우리의 성공은 변화하는 산업환경을 얼마나 유연하게 대처하고 관리하느냐에 따라 달라질 것입니다.

포스트 코로나 시대로 접어들면서 우리의 산업은 공간과 시간의 제약으로 불확실성이 높아지고 있습니다. 특히, 중전기 산업 제품의 특성상 제품의 설치, 점검, 시운전을 위해 반드시 제조사 엔지니어의 현장 서비스가 필요하고, 제품 안정성을 확보해야 하지만 이러한 불확실성으로 인해 원하는 일정에 서비스를 받지 못하고 있습니다.
이는 우리 산업의 지속적인 에너지 공급의 중단을 초래할 수 있는 잠재적 위험을 가지고 있으며 나아가 우리 산업과 경제를 위협할 수 있습니다.

원격 서비스 지원

효성중공업은 고객 산업의 운영 안정성을 확보하기 위해 최근 정보통신기술과 산업 현장의 기술 융합으로 발전된 디지털 산업환경을 기반하여, 공간과 시간의 제약 없이 효성중공업 설치감독자의 경험과 노하우가 접목된 비대면 서비스를 지원하고 있습니다.

원격 서비스 지원

원격 서비스를 통해 오른쪽과 같은 고객 이점이 있습니다.

제품 설치의 표준화

제조사에서 제공하는 표준화된 작업 절차를 통한 작업자의 일관성 유지 및 설치 품질의 확보

잠재적 위험 제거

제품 설치, 점검, 시운전을 고객 요청 일정에 실시함으로써 전력 공급의 연속성을 확보하고 고객 설비의 안정성 보장

효과적인 대응

제품 설치, 운전 중 발생할 수 있는 사고에 대한 즉각적인 대응으로 피해 최소화

효율적 운영

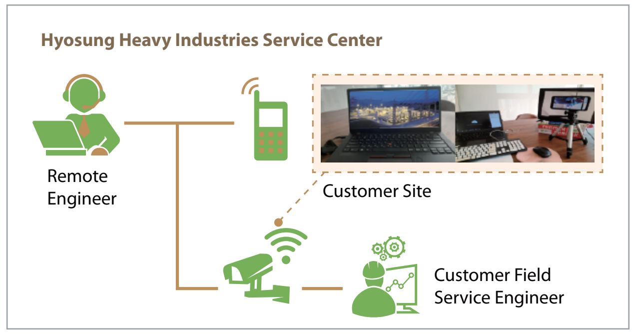
원격 서비스 제공으로 현장 방문 시 발생하는 리스크를 최소화하여 효율적 운영

안전과 보안 강화

원격 서비스는 비대면 방식을 통한 고객과의 소통으로 COVID-19의 감염 위험을 해소하고, 외부인을 통한 고객 산업의 보안 침해 방지

원격 설치 및 시운전

중전기 제품의 원격 설치 및 시운전을 위해 효성중공업 제품별 전문 설치 감독자가 배치되어 고객의 현장 담당자와 직접 소통하고 있습니다. 이 때, 전력기기의 현장 설치 경험이 있는 현장 작업자가 배치된다면 작업 효율의 증가로 고객 비용 절감 및 일정 단축의 효과를 볼 수 있으며, 현재 작업 부에 대해 확인할 수 있는 근거리 카메라와 제품 전체를 볼 수 있는 원거리 카메라가 제공되어 배치 된다면 보다 확실한 원격 서비스 지원을 받을 수 있습니다.



효성중공업 설치감독자는 제품의 완벽한 설치 품질 확보를 위해 고객 현장담당자가 사전에 검토할 수 있도록 설치 도면을 바탕으로 제품에 맞는 작업 절차와 기준을 제공할 것입니다.
이를 통해 작업자의 오류를 최소화하고 양방향 대화방식으로 진행하여 일관되고 효율적이며 안전한 방식으로 기술 지원하고 있습니다.

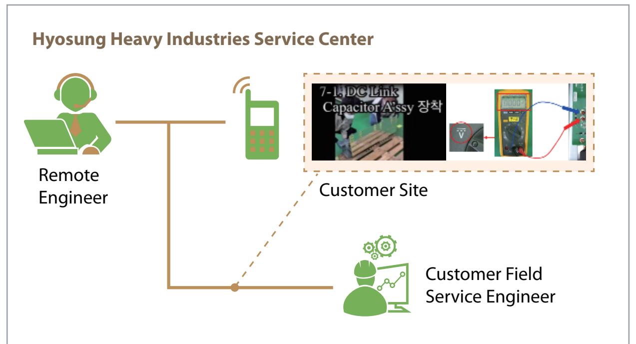
Reference

- **Australia & Newzealand(2020)**
  - Substation Transformer PJT : 132kV, 220kV
  - Power Plant Transformer PJT : 300kV
- **Colombia & Peru & Panama(2020)**
  - Substation Transformer PJT : 20kV ~ 500kV
- **UAE & Iraq(2020)**
  - Nuclear power plant Transformer PJT : 27kV
  - Substation Transformer PJT : 400kV
- **Philippines (2020)**
  - Substation Transformer PJT : 13.8kV ~ 69kV

※ *Customer Comment for Remote service.*
We had been following each process as recommended standard details of scope of work by Hyosung of this project as it was one of the most importance to us, Thank you once again for your all your effort specially to Hyosung service engineer.

원격 점검

제품의 운전 중 사고 발생 또는 점검이 필요할 경우 서비스 인원 이동으로 발생되는 대기시간을 최소화하여 고객의 손실 비용을 최소화하고 조기에 정상 운전할 수 있도록 원격을 통해 즉각적인 대응을 지원하고 있습니다.
효성중공업은 고객으로부터 공유 받은 현장 상황을 바탕으로 상세한 점검 지침과 동영상 자료를 제공하여 고객이 선 조치할 수 있도록 지원하고 있으며, 이러한 내용은 전문 서비스 인원을 파견(필요 시)하는 동안에 병행하여 고객 손실의 최소화를 실천하고 있습니다.



Reference : Vietnam SOLAR FARM PV PCS Fault(2020)

원격 교육

효성중공업 제품에 대해 고객 엔지니어를 대상으로 운전원 교육을 원격으로 지원하고 있으며, 고객의 지속 가능한 산업 운영을 지원하고 있습니다.

Reference : Thailand Bangpakong PJT(2020)

효성중공업은 COVID-19로 인해 더욱 가속화하는 디지털 산업화에 대응하여 고객과 파트너 산업의 안정화와 가치를 제공하기 위해 원격 서비스의 적용 범위를 확대하고 보다 스마트하며 통합 솔루션을 제공하고자 전념하고 있습니다. 이러한 원격 서비스 시스템 및 프로세스의 고도화를 통해 이용자 환경 및 경험에 맞는 원격 서비스 인프라를 구축하고 서비스를 제공하여 고객의 성공을 돕고 지속 가능한 운영을 지원 하겠습니다.

이대중 부장
E&S 팀장

Acceptance Examination

새로운 방식으로 고객과 소통하는 원격 입회시험(RFAT)

2016년 다보스에서 열린 세계경제포럼에서 제4차 산업혁명이 소개된 후, 변화하는 미래를 선도하기 위해 스마트팩토리 구축 등 새로운 시도를 진행하고 있습니다. 지금까지 경험하지 못했던 코로나19 바이러스 사태를 겪으면서 우리 일상은 비대면 문화가 확산되고, 산업현장도 고객과 새로운 방식으로 소통을 요구하는 등 생존을 위한 패러다임 전환이 급변하고 있습니다.

산업 에너지의 핵심인 중전기 분야에서 세계 최고 수준의 기술력을 보유한 효성중공업은 『고객만족을 위해 가치 있는 일』, 『인류와 환경을 위해 최소한의 자원으로 최대의 가치 창출』, 『낭비를 제거하여 적기에 품질, 가격, 납기, 안전의 극대화』를 실현하기 위해 스마트팩토리를 『물류와 정보의 흐름을 하나로 일체화한 Data 기반의 시스템 운영으로 낭비를 제거하여 고효율의 생산체계 구축』으로 정하고, 설계/자재/공정/물류/CS 등 全 분야에서 전개되고 있습니다.

효성중공업이 생산하는 중전기 분야 제품은 고객이 직접 현장을 방문하여 제품 건전성(검사 또는 시험)을 확인하는 과정을 진행됩니다.

고객에게 최고의 가치를 제공하기 위해 생산 계획을 수립하는 시점부터 고객과 소통하면서 입회 일정을 확정하고, 생산공정(단계)에 포함하여 엄격하게 생산 및 품질을 관리하고 있습니다.

그러나, 어느 누구도 결코 원하지 않는 불가피한 상황으로 인해 생산 일정이 변경되면, 최소 몇 개월 전에 확정했던 고객 일정을 변경해야 하고, 입회시험 대기 낭비가 발생하며, 특히 다른 고객의 생산에 악영향을 미치는 문제로 이어집니다.

효성중공업은 이러한 문제를 해결하기 위해 고객이 현장을 방문하여 실시하는 입회시험을 공장 방문 없이 원격에서 고객 컴퓨터와 스마트기기를 이용하여 입회하는 방법을 도모하였습니다.

초창기에는 화상 카메라의 해상도가 낮아 제품 상태를 정확하게 판정하기 어렵고, 통신 속도 저하로 인해 실시간으로 쌍방향 소통이 불가능한 문제에 봉착하였지만, 제4차 산업혁명의 핵심인 IoT, 5G, 모바일, 클라우드 등 기술의 획기적인 발전과 더불어 과거 실패 경험을 보완하여 비대면 시험 환경을 마련하였습니다.

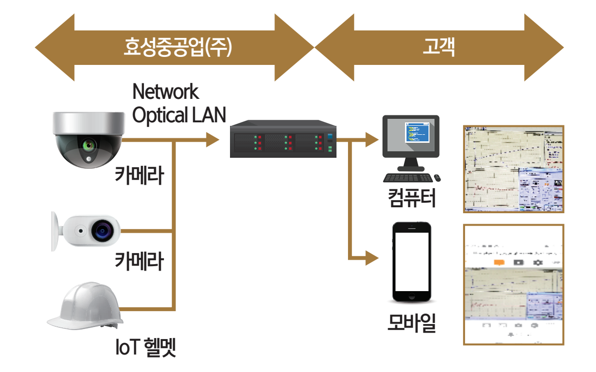
국내/외 고객은 코로나19 바이러스 확산 방지를 위해 취해진 지역간 이동 제한 조치에도 불구하고, 원격시험시스템을 통해 제품 건전성을 확인하며, 고객과 약속한 일정에 맞춰 납품함으로써 고객과 회사의 이익을 극대화하고 있습니다.

원격시험은 고객이 현장을 방문하지 않고 서류, 사진, 영상 통화 등의 간접적인 수단을 이용하여 제품 상태와 기준의 이행 현황을 확인하는 것을 의미함

[그림 1] 원격시험 플랫폼

- 영상장치는 검사 및 시험 대상 제품에 따라 고정식/이동식 카메라를 조합하여 사용하며, 웨어러블 장비인 IoT 헬멧에는 카메라/무전기/통신모듈을 장착하고 있음.
- 고객은 컴퓨터/스마트기기를 이용하여 Web 기반 프로그램에 접속 하여 검사원과 실시간으로 소통하면서, 현장에서 직접 제품시험을 입회하는 것과 동일한 효과를 가짐.

효성중공업은 제품 특성에 맞는 최적화된 원격시험 시스템을 운영하고 있습니다. 변압기는 제품을 촬영하는 카메라와 시험장비 계측 화면을 촬영하는 카메라를 설치하여 고객과 실시간 소통하고, 차단기는 검사원이 착용한 IoT헬멧을 이용하여 실시간으로 고객과 소통하며, 전동기는 실시간 영상 입회 또는 데이터 영상을 시청하는 방식을 병행 운영하고 있습니다.



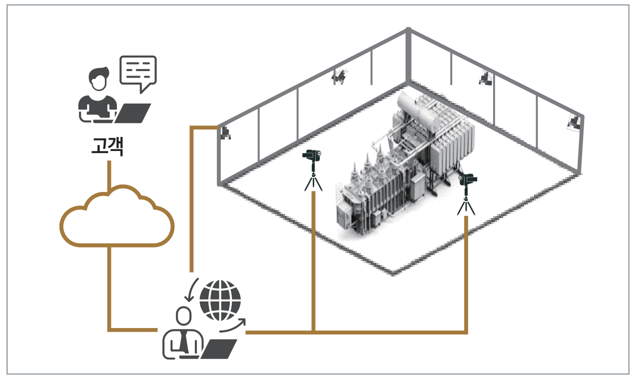
[그림 2] 원격시험시스템 구성도

고객 방문 없이 원격으로 진행되는 입회시험은 고객의 장거리 이동을 위한 비용 및 시간을 절약할 수 있고, 예상하지 못하는 안전 사고로부터 소중한 고객을 보호할 수 있습니다.

기존 입회시험은 하나의 장면(시각)에서만 확인할 수 있는 반면 원격시험은 카메라가 위치한 다양한 각도에서 제품의 상태와 그 결과를 동시에 확인할 수 있습니다. 수기로 검사/시험 데이터를 기록없이 실시간으로 저장된 데이터(영상) 확인이 가능하며, 영구적으로 보관되는 영상은 기타 이슈에 대응하는 자료로 활용할 수 있습니다.

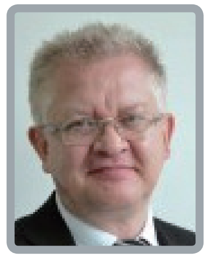
그리고, 제조사 측면에서 시험기간 단축은 생산 리드타임의 향상으로 이어지고, 입회 대기 낭비, 제품보관 장소/관리 낭비 등을 제거할 수 있어 채산성 개선에 도움이 됩니다.

***RFAT:** Remote Factory Acceptance Test / **IoT:** Internet of Things*
***VIU:** Value In Use / **ICT:** Information and Communication Technology*



[그림 3] 원격시험 사례

시간과 사회적인 제약으로 인해 입회시험을 진행하기 힘들었던 2020년에도 효성중공업은 원격시험시스템을 통해 79차례의 원격시험을 진행하였습니다. 고객에게 최고의 가치를 제공하기 위해 앞으로 변화하는 환경에 대응하고, 검사 시간과 비용을 효율적으로 운영하는데 도움이 되는 원격시험시스템의 적용범위를 확대함과 동시에 고객의 사용 편의성 측면에서 시스템 고도화를 추진해 나가겠습니다. 포스트 코로나는 비대면 문화가 진화한 On/Off Line이 결합한 시대로서 시간과 공간을 뛰어 넘는 새로운 일하는 방식으로의 변화를 요구하고 있습니다. 원격시험시스템은 텔레워크(Tele-Work)를 이미 적용한 측면이 있지만, 단순히 고객과 현장을 실시간으로 소통하는 차원을 넘어 ICT 적용 확대와 빅데이터 분석/활용 그리고, 보안 프로세스 정비 등을 통해 고객에게 VIU(Value In User) 제공할 수 있도록 지속적으로 노력 하겠습니다.



힐데브란데 클라우스 상무
효성중공업 창원공장장

Global Turnkey Solution Provider

성공적인 프로젝트를 위한 공기 단축의 노력!

최근의 전력 시장은 효율성의 향상, 친환경 신재생으로 시장이 급변하고 있어 신속한 기술 대응이 필요하면서도, 국가별로 전력산업의 특성이 모두 다르기 때문에 전력 EPC 분야의 풍부한 경험과 노하우가 중요시 되고 있습니다. 여기서는 30년이 넘게 세계 25여 개국에서 턴키 프로젝트를 수행한 경험을 토대로 다양한 고객의 요구에 부합하기 위한 효성중공업의 공사 기간 단축 노력을 소개하고자 합니다.

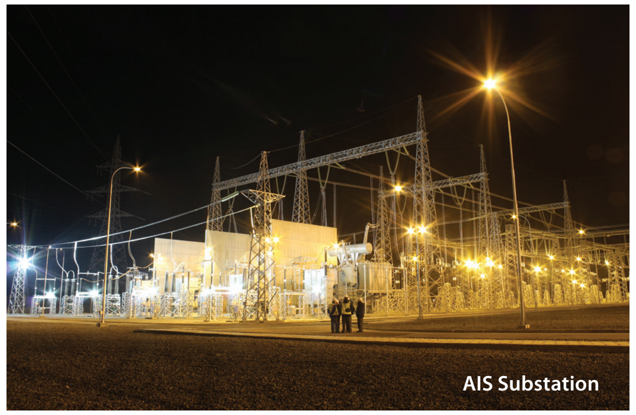
턴키 공사 수행 현황 Map

풍부한 경험의 EPC 턴키 전문 업체

변전소 EPC 턴키 전문 업체로서 차단기, 변압기, 스태콤 등의 제품 제작 기술력을 바탕으로, 고객은 단지 키를 돌려(Turn-key) 가동할 수 있게끔 설계부터 구매, 공사, 시험/시운전까지 각 공정의 효율성 및 공정별 Critical Path 관리를 통한 Fast Track으로 서비스를 제공하고 있습니다. 1988년 방글라데시 33kV AIS 변전소 설치 공사로 시작한 EPC 턴키 사업 분야는 약25개국에서 100개가 넘는 프로젝트를 수행하였으며, 거의 모든 대륙에 분포해 있습니다.

90년대에는 아시아를 중심으로 33/132/275kV 변전소 및 송전공사를 수행해 왔으며, 2000년대에는 400/500kV 및 800kV의 초고압으로 확대, 지역적으로는 남미, 아프리카, 중동 등 거의 모든 대륙에서 다양한 공사 경험을 가지고 있습니다.

최근에는 전력 공급의 효율성을 높이고 신재생 발전 설비의 안정적인 전력 수급을 위해 스태콤, ESS 프로젝트가 확대되는 추세입니다.



AIS Substation

아이템 별 주요 공사 실적

전력 EPC 프로젝트는 전력 공급 기반산업으로 여러 기기의 특성을 반영하여 안전하고 신뢰성 높게 운전 및 유지되어야 하는 전력 기술의 집합체라고 할 수 있습니다. 각 시스템에 따른 Layout의 구성, 건물 및 기초 설계 등 뿐만 아니라, 그 시설이 위치한 환경에 필요한 지반 보강, 우배수 시설 등이 고려되어야 합니다.

① AIS 변전소

방글라데시 Aminbazar 400kV AIS S/S

방글라데시 최초 400kV급 AIS 변전소 2기를 완공하고, 현재는 Aminbazar 400kV AIS 변전소 공사 중에 있습니다. 방글라데시는 저지대이기 때문에 대규모의 성토 공사와 함께 연약 지반 보강을 위한 약 20~30m 길이의 파일 공사가 수반됩니다. 방글라데시에서의 많은 공사 경험을 바탕으로 토건 직영 공사를 운영하고 있으며, 이를 통해 품질 제고 및 공기단축을 달성하고 있습니다.


GIS Substation


ESS


STATCOM

② GIS 변전소
알제리 Hassi Messaoud 400kV GIS S/S

GIS 변전소는 건물과 외부 GIB 간 연결에서 정교한 작업을 요구하는 공사입니다. 수행했던 다수의 GIS PJT 중 하나인 하시메사우드 PJT는 섭씨 65˚가 넘는 사하라 사막 한가운데에 60,000㎡ 의 최대 변전소로 정유 설비가 집중되어 신뢰성이 매우 중요한 PJT로 성공리에 완공하였습니다.


400kV GIS, 알제리


220kV GIS, 카타르

③ 송전선로
에티오피아 Sululta 송전선로

송전선로 공사는 송전 루트에 따라 기초공사, 철탑 조립, 도체 설치가 이루어 지기 때문에 공사 구간이 넓어 관리가 어렵고, 특히 위험한 고소 작업으로 안전이 매우 중요한 공사 입니다.

당사는 에티오피아에서 215km, 400kV 라인을 성공리에 완공하고 운영 중 입니다. 공사 특성상 기존 선로의 횡단 시 정전이 필요하나 드론 및 Double Pulley Block 공법을 활용, 정전없이 시공하여 공사 기간을 단축할 수 있었습니다. 또한 라오스에서는 54km, 500kV 송전선로 공사 시 메콩강을 800m 횡단하는 철탑 간 도체 설치 시에 드론을 활용하여 공사 일정을 약 1개월 단축하는 등 계약 공기를 3개월이나 단축할 수 있었습니다.

④ ESS/스태콤
미국 오클라호마 / 파나마

전력 보상장치인 ESS와 스태콤은 국내에서의 실적을 바탕으로 미국에서 ESS 공사를 완료 하였고, 파나마에서는 스태콤 프로젝트로 '21년 5월 공사 완료를 앞두고 있습니다.

배터리와 인버터 TR, 그리고 PCS로 구성되는 ESS 시스템은 프로젝트에 따라 여러 Type이 있는데, 오클라호마에는 컨테이너 Type이 설치됐으며 외함형도 개발 중에 있습니다. 당사는 변전소 경험을 토대로 건물형, 컨테이너형, 외함형 모든 Type을 공사할 수 있는 역량을 보유하고 있습니다.

스태콤은 변전소와 비슷하면서도 기기 특성을 공사에 반영해야 하는 부분이 많기 때문에 경험이 없을 경우 설계 지연 및 시행착오로 이어질 가능성이 높습니다. 당사는 국내외 공사 경험을 바탕으로 파나마에서 EPC 프로젝트 진행에 있습니다. 스태콤 O&M 방식에 따른 O&M 시스템의 건물 반영, RIV 차단, Interlock System, 리액터 기초의 철근 절연 등 제조사로서의 설치 경험이 많은 부분에서 노하우로 반영되어 있습니다.

공기 단축을 위한 당사 노력

① 미국 동부 STATCOM PJT
헬리컬(Helical) 파일 시공

미국은 인건비가 높고 노동법 적용이 엄격한 지역으로 최소 인원 투입과 공기 단축이 중요합니다. 이에 공장 제작 운송 후 현장에서 조립 완성하는 조립식 건물, 강관을 회전 인입 시키는 헬리컬 파일 등 새로운 공법 적용에 힘쓰고 있습니다.

조립식 건물의 경우 공장에서 제작, 현장에 운송될 수 있는 사이즈의 룸 설계가 고려되어야 합니다. 이에 미국에서 진행하는 프로젝트는 운송 가능한 컴팩트한 룸 설계를 진행하고 있습니다.


헬리컬 파일 시공 사진

현재 진행중인 프로젝트는 기존 SVC 시설을 STATCOM으로 교체하는 공사로 기존 빌딩을 최대한 활용하면서 당사 시스템에 맞는 새로운 기기를 추가로 설치해야 하는 프로젝트 입니다. 5개월 안에 철거 및 설치 현장 작업을 완료하고 인건비를 절감하기 위해 헬리컬 파일 공법을 적용하여 기존 콘크리트 파일에 비해 1/3의 인력을 투입하고 600시간이 넘게 공기를 단축할 수 있었습니다. 헬리컬 파일은 연약 지반을 강화하기 위한 파일 공법 중 하나로 나선형의 회전날개를 지반에 직접 회전 시켜 선단 지지 지점까지 인입 시키는 방식입니다. 작업이 간편하여 굴착기와 토크 헤드만 있으면 최소한의 장비 운용 인원으로 설치가 가능하고, 항타하는 방식이 아니므로 소음 및 먼지를 일으키지 않아 민원발생이 적고 친환경적 입니다.

② 스리랑카 Great Colombo PJT
Zone Plan을 통한 공사 계획 관리

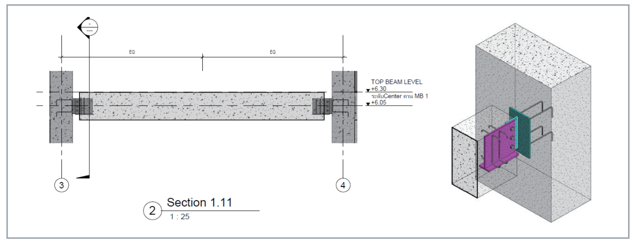
GIS 공사는 GIS 기기의 건물 반입 스케줄 관리가 중요합니다. GIS 운송 및 설치에 맞추어 건축 공사가 완료되어야 하는데, 스리랑카 현장에서는 Zone Plan을 적용하여 촉박한 일정에 대응하였습니다.

GIS 설치 일정에 맞춰 룸을 구분하여 설치와 건축공사를 동시 진행하였고, 이후 나머지 Switch Gear 및 부속 룸도 설치와 동시 작업하여 약 1개월의 공기 단축을 이루어 내었습니다.

현재 진행 중인 Colombo B PJT에는 기존에 사용하지 않았던 'Plaster Master'를 발주처에 제안 적용하여 건축 미장 기간을 단축할 예정입니다.

③ 태국 Rayong 115kV GIS PJT
Precast Structure 공법 적용

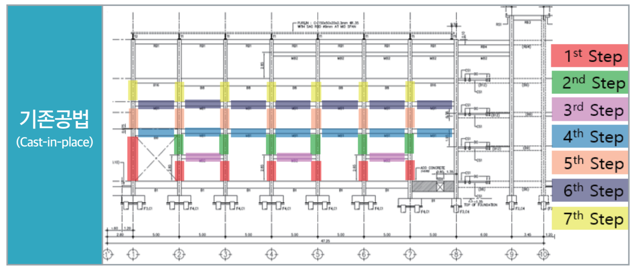
전력 공사는 안전성을 우선하기 때문에 발주처로부터 새로운 공법 승인이 어렵습니다. 그러나, 태국 현장에서는 기존에 사용하지 않던 Precast 공법을 제안하고 승인 받아 약 1개월의 단축을 이뤘습니다. Precast 공법은 건물에 직접 거푸집을 설치해 콘크리트를 타설하는

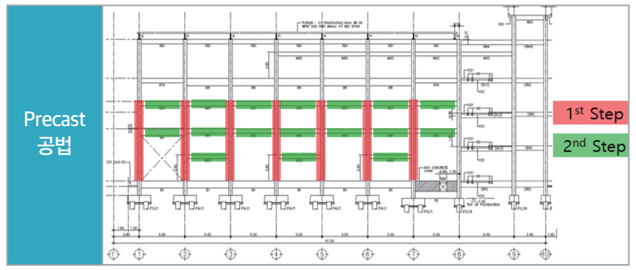


방법이 아닌 기둥/보를 외부에서 제작하여 조립하는 공법입니다. Joint 부분은 H-beam/Steel Plate를 삽입, 볼트/용접 접합을 하며, 접합부에 철근 보강 및 무수축 콘크리트로 마무리 합니다.

당 현장에서는 작업 효율을 위해 사이즈가 동일하며 물량이 많은 메인 기둥과 1,2층 보에 적용하였습니다. 각 부분별로 철근 배근, 거푸집 설치, 콘크리트 타설을 반복하는 기존 대비 Precast는 워크숍에서 제작된 부재를 조립하여 완성하므로 공기 단축에 큰 효과를 볼 수 있습니다. 크레인 작업 반경에 따라 현장 내 유휴 부지에 워크숍을 설치하고, 콘크리트 작업 동안 빌딩 내 작업을 실시하여 공정의 효율을 추가 도모하였습니다.

특히 이 공법은 우기에도 작업장에서 계속 작업 가능하여 기상 조건이 좋지 않은 국가에서 효과가 크며, 이번 경험을 토대로 타 PJT 도입, 적용 부분 확대, 공정 검토 등 더 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 기대 되고 있습니다.





GIS, 변압기, SWGR, STATCOM, ESS 등
자체 제품에 대한 기술력과 30년이 넘게
수많은 해외 프로젝트를 수행한 노하우를 바탕으로
EPC 턴키 분야에 있어 품질은 물론이고
새로운 공법 적용, 공기 단축 등 프로젝트에 대해
고민하고 노력하여 고객이 필요로 하는 바를
우리의 기술로 충족시킬 수 있도록 하겠습니다.

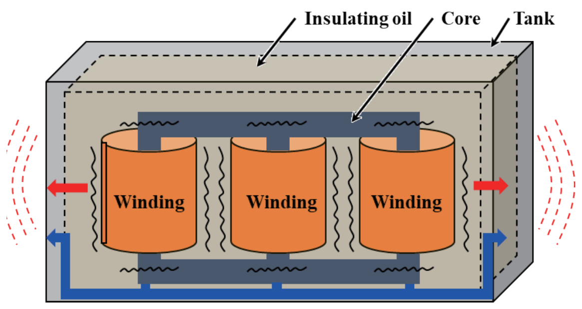
이춘하 과장
턴키수행팀

Research & Development

154kV급 초고압 변압기 50dBA 저소음 기술 개발

급속히 확장된 주거 지역이 기존 변전소 근처로 접근하고 있으며, 결과적으로 변전소의 소음 문제가 대두 되고 있습니다. 변전소의 초고압 변압기는 하루 24시간 작동하면서 소음을 발생시켜 변전소 주변 주민들에게 지속적인 생리적, 심리적 피해를 입힙니다. 따라서 변압기 제조업체는 소음 규제를 충족하고 시장 경쟁력을 높이기 위해 소음을 저감하는 것을 주요 목표로 하고 있으며, 이에 **"효성은 지속적인 연구를 진행하여 50dBA 수준의 저소음 변압기 개발을 완료하였습니다."**

변압기 소음은 탱크의 진동이 방사되어 나타나는 전형적인 구조 진동 유발 소음이며, 진동의 원인은 권선의 전자기력에 의하여 발생되는 진동과, 철심의 자왜현상 의하여 발생되는 진동으로 구분됩니다. 발생한 진동은 진동경로에 따라, 절연유를 통해 탱크로 전달되는 경로(빨간색 화살표)와, 본체에서 탱크를 통하여 전달되는 경로(파란색 화살표)로 나눌 수 있습니다.

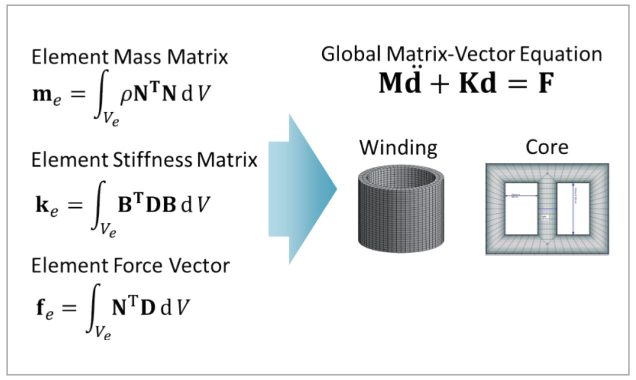


[그림 1] 진동의 전달경로 및 소음 방사

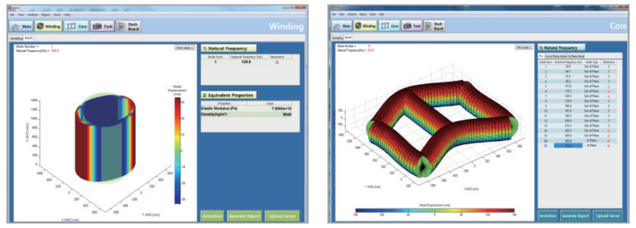
따라서, 소음을 저감하기 위하여 가장 중요한 것은 소음을 방사하는 변압기 탱크의 진동을 줄이는 것이며, 이를 위해서 탱크의 진동을 저감 시키는 연구 뿐만 아니라, 권선 및 철심으로부터 발생한 진동이 탱크로 전달되는 경로를 차단시키는 진동 절연 설계에 대한 연구도 필요합니다.

효성은 우선적으로, 변압기의 주요 부품인 탱크, 철심, 권선 및 배관에 대한 고유진동수를 예측하는 기술을 수립하여, 공진이 발생하여 진동이 증폭되어 소음이 증가하는 현상을 방지하였습니다.

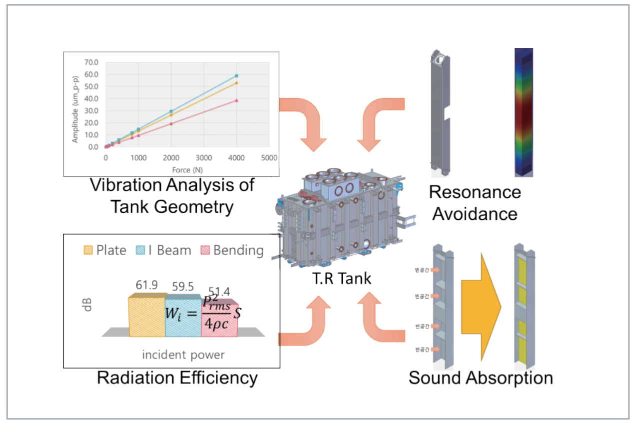
고유진동수 예측기술은 유한요소법(FEM)에 기초한 수치해석 프로그램으로 수립되었으며, 복잡한 형태의 제품을 단순 모델화 시키는데 필요한 등가물성을 획득하고, 예측 기술의 정확도를 확인하기 위하여 약 200여개의 실험데이터에 대하여 고유진동수 실험 및 시뮬레이션을 진행하여 예측기술을 검증하였습니다. 연구 결과, 철심, 권선 및 탱크의 고유진동수가 기계적 가진력인 120Hz 및 이의 조화 성분의 근방에 존재하는 경우, 소음이 2~4dB까지 증가하는 현상을 확인하였습니다. 따라서 저소음 변압기개발의 시작점은 "제품의 기계적 공진회피에 의한 진동 및 소음의 안정화"가 첫 걸음이라 할 수 있습니다.



[그림 2] 고유진동수 예측을 위한 유한요소 모델



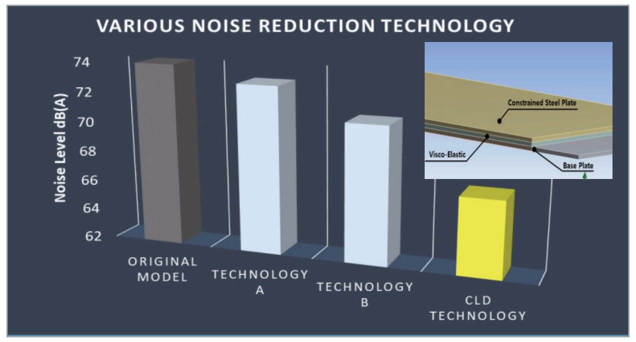
[그림 3] 고유진동수 예측을 통한 공진회피 설계



[그림 4] 소음방사효율을 고려한 탱크 설계

앞서 언급한 바와 같이, 구조진동에 기인한 소음은 진동 발생원, 전달 경로, 소음방사의 순서로 발생하며, 소음이 방사되는 탱크의 진동을 저감 시키는 것이 매우 중요합니다. 탱크의 소음 저감의 통상적인 방법은 탱크의 두께를 증가시키거나, 이중벽이나 흡음 및 차음 공사를 하는 것이 일반적입니다. 하지만 이러한 공법은 부피, 중량의 증가 및 과도한 비용증가로 인하여 경제성이 저하되는 단점이 발생합니다. 효성 중공업 연구소는 이와 같은 단점을 극복하기 위하여, 진동해석, 보강재의 음향 공명회피 및 음향 방사효율 등에 대한 연구를 진행하여 동일한 탱크 두께를 유지하면서 최소의 소음을 발생시키는 연구결과를 변압기에 적용하고 있습니다.

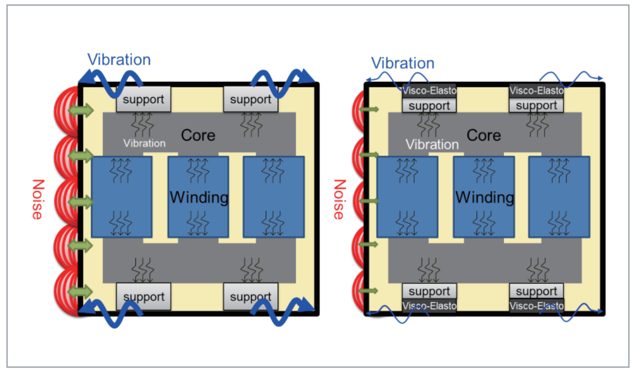
또한, 변압기 탱크의 진동에 의한 방사소음을 저감하기 위하여 CLD (Constrained Layer Damper)와 같은 최신 공법을 적용하였습니다. 이 공법은 탱크와 일정면적을 가지는 구속물 사이에 점탄성 물질을 이용하여 진동을 억제하는 제진 공법으로, 구조물의 진동을 효과적으로 저감 시킬 수 있습니다.



[그림 5] 다양한 공법에 따른 소음 차이

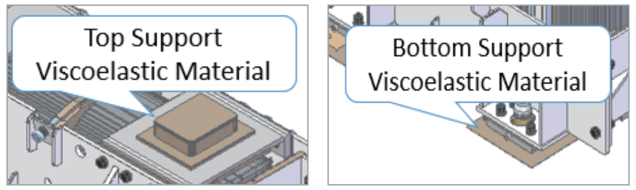
연구결과, 가장 효율적인 소음 저감방법은 제진 공법인 CLD를 적용한 경우였으며, 다른 소음 공법에 비하여 탁월한 소음 저감 효과를 확인하였습니다. 여러 설계 인자에 대한 실험 및 해석을 통한 최적화 방법을 적용한 결과 평균 4~6dB의 소음 저감 효과를 확인하였습니다. 이러한 결과는, 탱크에서 발생하는 진동을 최대한 억제하여 방사되는 소음을 줄이기 때문에 가능한 것입니다. 효성에서는, 변압기 내부 탱크면과 기존 구조물들을 활용한 CLD 제진 공법을 적용하여 탱크에서 발생하는 진동을 억제하는 공법을 적용하고 있습니다.

또한, 본체와 탱크 사이의 진동 전달 경로를 점탄성 소재를 이용하여 진동절연 시켜, 본체의 진동이 탱크로 전달되어 소음으로 방사되는 것을 최소화 시키는 연구도 수행하여 저소음 변압기에 대한 표준 설계로 적용하고 있습니다. 본체와 탱크 사이의 체결력이 강하면, 권선과 철심에 의하여 발생한 진동이 탱크로 직접적으로 전달되어 더욱 큰 진동으로 증폭되어 전달됩니다.

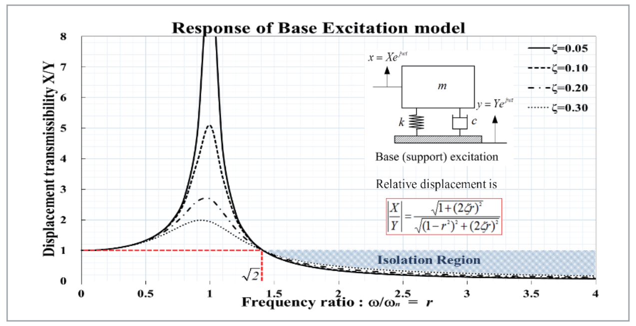


[그림 6] 본체-탱크간 진동 절연에 따른 진동 도식화

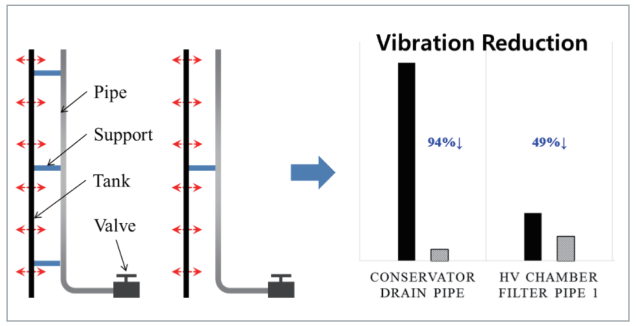
따라서, 본체와 탱크사이에 진동 절연 설계가 필요합니다. 진동 절연은 고유진동수와 밀접하게 관련되어, 적절한 강성과 충분한 감쇠를 가진 소재의 선정이 매우 중요합니다. 또한, 30년이 넘게 운전하는 변압기의 수명동안 초기 기계적 물성을 유지하면서, 화학적 성질이 일정하게 유지되는 소재의 발굴이 필요하며, 효성에서는 이러한 조건을 만족하는 소재를 발굴하여 적용 중입니다.



[그림 7] 본체 상부/하부 점탄성 소재 적용



[그림 8] 탱크의 배관 및 계기류 진동 절연



[그림 9] 진동 절연 설계를 통한 진동 저감

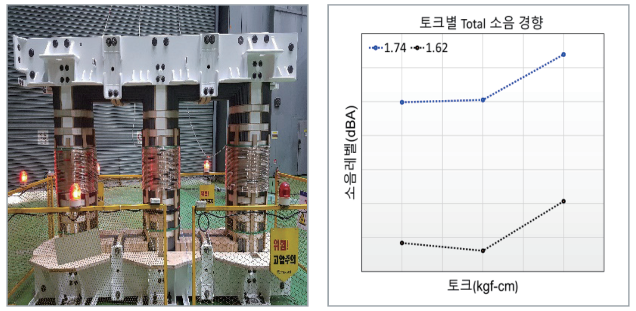
탱크 외부에 부착되는 다양한 배관과 계기류들은 탱크의 진동에 의하여 직접적인 영향을 받습니다. 이러한 문제를 바닥가진(Base Excitation)이라 하며, 진동하는 탱크의 주파수 성분과 배관 및 계기류의 고유진동수의 관계에 의하여 진동이 증폭되고, 감소하는 경향을 갖습니다. 일반적으로, 탱크 외부의 배관과 계기류를 매우 강하게 체결하는 구조로 설계하는 것이 좋다고 생각할 수 있습니다. 하지만, 진동 설계 관점에서 이러한 설계는 탱크의 진동보다 배관과 계기류의 진동이 더욱 크게 증폭되는 결과로 나타납니다. 실제로 탱크의 진동 레벨보다 배관과 계기류의 진동이 높게 측정된 데이터를 100여건 이상 분석한 결과, 탱크 부착품의 고유진동수를 탱크의 진동 주파수보다 높게 설계한 경우가 약 70%로 관찰되었습니다. 이렇게 고유진동수가 높은 배관과 계기류의 지지대를 제거하여 강성을 낮추어 고유진동수를 낮추는 설계를 진행하였을 때, 초기대비 50~90%의 진동이 저감되는 것을 확인하였습니다.

탱크와 배관 및 계기류 사이의 과도한 지지대 설계는 시스템 강성을 증가시켜 고유진동수를 높이고, 탱크로부터의 진동전달 경로가 추가되어 진동을 증가시킵니다. 또한, 계기류의 과도한 진동은 계기류의 오작동이나 손상에 따른 손해가 발생할 수 있으므로, 이에 대한 진동

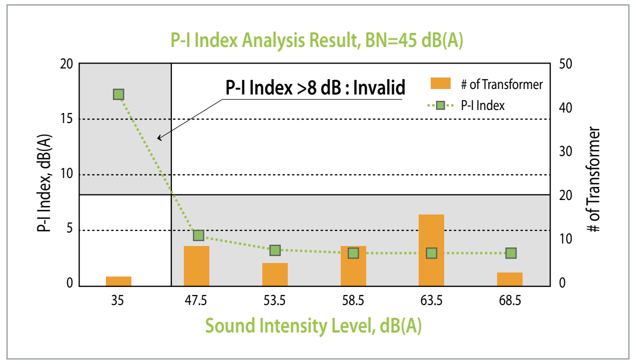
절연 설계가 필수적입니다. 효성 변압기의 배관 및 계기류는 진동 절연 설계가 이루어져, 탱크의 진동 전달을 효과적으로 차단하고 있습니다.

제작 및 시험 환경 또한 저소음 변압기 개발에 매우 중요한 요소입니다. 저소음 변압기가 개발되어 소음이 저감 될 수록, 변압기 소음은 제작 편차 및 주위 소음 환경에 매우 민감하게 반응합니다.
특히, 변압기의 소음이 50dB 근방이라고 한다면, 동일한 변압기에서도 제작에 의한 편차로 인하여 2~3dB 차이의 소음 편차가 발생할 수 있습니다. 또한, 이러한 저소음 변압기의 경우, 측정 환경의 암소음 및 잔향조건에 대한 측정 환경에 의하여 측정값이 달라질 수 있습니다. 따라서 제작 및 소음 환경에 대한 연구도 반드시 수행되어야 합니다.

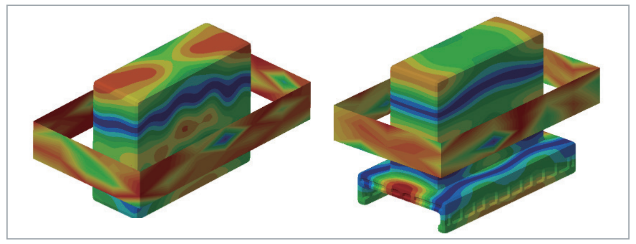
효성에서는 제작과 관련하여 다양한 연구를 진행하였습니다. 먼저, 철심의 압착력에 대한 연구를 진행하여, 철심이 균일하게 압착될 수 있는 구조에 대하여 연구 및 실험을 통하여 검증하였으며, 진동 및 소음이 최소화 되는 체결 토크를 산정하여 제품간 소음 편차를 사전에 방지하며 진동 및 소음을 저감하였습니다. 또한 철심의 에어갭과 같은 제작 품질 별 소음평가, 권선의 압축력, 단철의 형상 및 요크밴드의 위치나 개수, 철심의 지지대 형상 등과 같은 다양한 연구를 통하여 진동 저감에 대한 효과를 검증하고, 저소음 변압기 설계에 적용하였습니다.



[그림 10] 철심압착 토크별 소음 분석

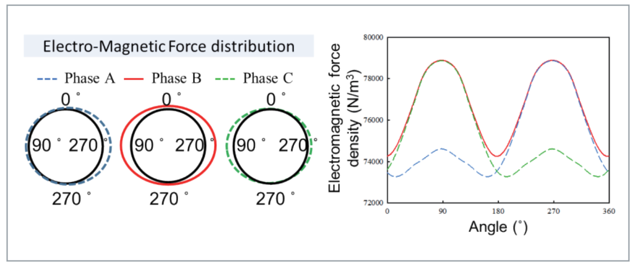


[그림 11] 암소음 45dB인 경우 측정 한계 소음

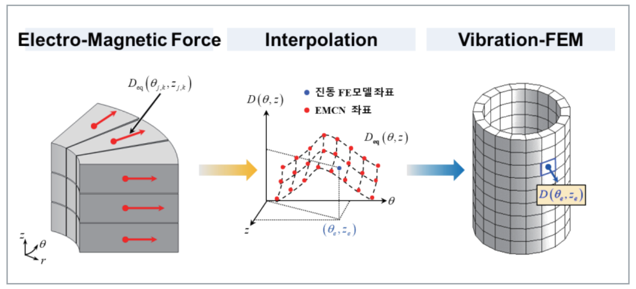


	Total Sound Level, dB(A)		
	On the floor	On the working table	Difference
Simulation	68.0	71.5	3.5
Test	70.0	73.1	3.1

[그림 12] 안착조건별 변압기 소음차이

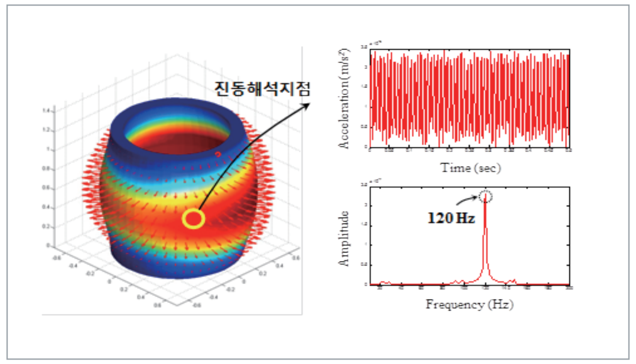


[그림 13] 권선에 가해지는 전자기력 분포



[그림 14] 권선 전자기력의 진동모델 매핑

또한, 소음 환경에 대한 연구도 진행하여 적용 중입니다. 소음평가를 위한 환경에 대한 분석이 이루어지지 않으면 저소음 변압기에 대하여 측정과 분석을 수행할 수 없으므로 소음 평가의 주요 지표인 P-I 지수를 이용하여 변압기의 측정 가능한 소음 한계를 정하여 적용 중입니다. IEC 규격에서는 그 한계를 8dB로 규정하고 있습니다. P-I 지수는 음압과 인텐시티 차이를 나타내는 지표로써, 잔향과 암소음이 큰 환경일수록 큰 차이를 보입니다. 따라서 저소음 변압기를 측정하기 위하여 암소음 관리가 필요합니다. 암소음을 관리한 상태에서 P-I 지수를 조사한 결과, 암소음을 45dB 수준으로 관리할 때, 측정가능한 변압기의 소음은 50dB임을 확인하였으며, 현재 저소음 변압기의 경우 암소음관리를 통한 측정 및 분석을 수행 중입니다.
또한, 실제 안착조건과 시험실 측정 조건과 같은 다양한 변압기 안착 상태에 따른 소음 연구도 진행하여 적용 중에 있습니다. 효성에서는 소음 측정 환경에 대한 연구결과를 적용하여 변압기의 소음에 대한 측정을 수행하고 있습니다.
마지막으로, 언급한 기술들을 바탕으로 변압기의 소음을 정확히 예측하는 기술은 저소음 변압기를 설계하고 제작하는데 매우 중요한 요소입니다. 변압기의 설계인자와 저소음기술을 바탕으로 정확한 소음 예측을 하지 못하여 측정결과와 예측 결과가 상이하다면, 제조사와 고객에게 매우 큰 경제적 손실을 야기하며 신뢰관계를 훼손할 수 있습니다. 따라서 변압기 제조사들은 각자의 방식으로 소음을 예측하고, 실험결과와 비교하여 예측 모델을 업데이트 시킴으로 정확한 예측모델을 만들기 위한 연구를 진행하고 있습니다.

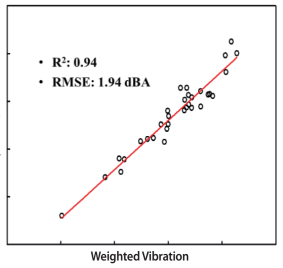


[그림 15] 전자기력에 의한 권선 진동응답

Load Noise From FEM and Weightings

$$L = c\log\left[\left(\frac{A}{A_0}\right)^a\left(\frac{S}{S_0}\right)^s\left(\frac{T}{T_0}\right)^t\right] + d$$

L : Load Noise Level, dB(A)
A : RMS Acceleration from Winding
S, T : Variables
$A_0 S_0 T_0$: Reference
a, s, t, c, d : Coefficients



[그림 16] 부하소음 예측 모델 및 정합성

효성에서는 권선의 전자기력에 의하여 발생하는 부하 소음과 철심의 자왜현상에 의하여 발생하는 무부하 소음을 예측하기 위하여 이론과 실험DB를 이용한 정확도 높은 수학모델을 수립하고 업데이트 하고 있습니다. 먼저, 전자기력에 의하여 진동을 발생시키는 권선의 소음을 예측하기위하여, 유한요소 모델을 수립하여 권선의 반경방향으로 작용하는 등가 전자기력을 산출하였으며, 이를 기계적인 응답으로 산출하여 권선의 진동응답으로 변환하였습니다. 전자기-기계 연성의 수학모델 및 수치해석으로 얻어진 권선의 진동응답과 여러 설계인자들로 이루어진 회귀방정식을 이용하여 부하소음에 대한 예측 모델을 수립한 결과, 평균 0.2dB, 표준편차 1.3dB 이하의 매우 높은 예측 정확도를 갖는 부하소음 예측모델을 수립하였습니다. 이러한 결과는, 실험 데이터만으로 이루어진 회귀식이나, 해석으로만 이루어지며 많은 시간이 소요되는 다물체 FEM 해석에 비하여 매우 우수하다고 할 수 있습니다.
또한, 철심에 의하여 발생하는 소음을 예측하기 위하여 각 철심의 재질 별 자속 크기에 따른 소음식을 기반으로, 여러 설계 인자에 대한 식을 추가하여 무부하 소음 예측식을 수립하였습니다.

$$\text{No load sound} = (A_i T_2 + B_i T + C_i) + \sum_{k=1}^{n} (D_k \log X_k)$$

i : Core Type
A_i, B_i, C_i : Coeffocient due to Core Type
T : Magnetic flux density
N : Number of design parameter
D : Weighting coefficient
X_k : Design parameters

[그림 17] 무부하소음 예측 모델

	Mean Error (dB) (Test-Estimation)	Sandard Deviation (dB) (Test-Estimation)
Load Noise	0.2	1.3
No-Load Noise	0.5	1.8

[그림 18] 소음 예측 모델의 정확도 평가

무부하 소음예측 모델을 약 200여대의 변압기의 측정데이터와 비교하였을 때, 평균 0.5dB, 표준편차 1.8dB 이하의 높은 예측 정확도를 갖는 것으로 확인되었습니다. 이러한 정확도 높은 예측기술은 통상적인 변압기의 전기 설계 뿐만 아니라, 앞서 언급한 고유진동수 회피 기술, 저진동/저소음 기술, 진동 절연기술 및 환경영향 인자들을 포함하고 있기에 가능하며, 이를 통해 50dB급 저소음 변압기 설계가 가능하며, 저소음 변압기에 대한 고객의 요구사항에 적극적으로 대응할 수 있습니다.

효성은 갈수록 커져가는 고객의 저소음 변압기 개발에 대한 요구사항에 적극적으로 대응하기 위하여, 저소음 변압기 개발 연구를 수행하였습니다. 우선적으로 공진회피 설계를 적용하여 진동/소음 안정화를 시켰으며, 방사되는 소음의 최소화를 위한 탱크, 본체 및 계기류의 진동 절연 설계 및 탱크의 제진기술로 진동 전달에 의한 소음을 최소화 하였습니다. 또한, 저소음 변압기에 적합한 소음 측정 환경에 대한 연구를 진행하였고, 정확도가 높은 부하 및 무부하 소음 예측 모델을 개발하여, 제품의 측정값과의 차이를 최소화 시켰습니다. 이러한 연구를 바탕으로, 2017년 50dB급 저소음 변압기 개발을 완료하였으며, 시장의 요구에 맞춘 진동 및 소음 연구활동을 지속적으로 수행하고 있습니다.

이규호 차장
진동소음기술팀

박철준 차장
진동소음기술팀

발행책임자 : 송원표 부사장
편집위원장 : 도이다 시게루 전무
편 집 위 원 : 안성훈 전무
유호재 전무
힐데브란트클라우스 상무
이오남 부장
오동선 부장
김강석 차장
김진달래 차장
편 집 부 : 최효민 과장
발 행 처 : 효성중공업(주)

문의 사항은 여기를 눌러주세요.

편집후기

이번에 효성중공업 전력PU의 기술잡지를 발행하게 되었습니다. 효성중공업은 1962년 회사 창립 이래 국내외 고객의 기업 가치를 높이고, 지역사회의 발전과 삶의 질 향상에 기여하는 것을 목표로 해왔습니다. 현재 전력 시장에서는 환경문제 대응을 위해 재생에너지의 활용을 확대하고 디지털화를 가속하는 등 급격한 시장 변화에 따른 새로운 기술의 요구가 나타나고 있습니다.

이에 부응할 수 있도록 효성중공업은 다양한 신기술을 바탕으로 고객에게 꼭 필요한 제품을 끊임없이 개발하고 공급해왔으며 고객가치를 더욱 높일 수 있는 서비스 컨텐츠로 고객의 전력 시스템 혁신을 가능하게 할 수 있도록 노력하고 있습니다. 여기 소개한 기술들이 고객님들에게 도움이 되었으면 합니다. 본지에 기재된 내용 및 그 이외의 내용에 대해서도 언제든지 문의바랍니다.

읽어주셔서 감사합니다.

효성중공업(주)
부사장 송 원 표