



스마트공장의 핵심 '설비 예지보전 기술'

이 선 휘 대표 / 퓨처메인(주)

info@futuremain.com

스마트공장 예지보전 기술의 필요성

최근 기업들은 생산성 향상과 기업의 경쟁력 확보를 위해 스마트공장 구축에 많은 관심을 보이고 있으며, 정부에서도 2020년까지 1만개의 스마트공장 구축을 목표로 하고 있다.

스마트공장은 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI), 로봇 및 빅데이터 분석 등 첨단기술이 융합된 지능화된 공장을 의미하며, 복잡하고 다양한 설비들이 자동화됨에 따라 이들 설비들을 관리하고 운영하기 위해서는 기존의 방식과 다른 새로운 관리 기술이 필요하게 되었다. 지금까지는 많은 기업들이 설비를 단순히 생산을 위한 도구로만 여겨왔으나, 최근 들어 설비도 중요한 자산으로 인식하고, 이들 설비들을 보다 효율적이고 안전하게 관리하기 위한 새로운 방법을 도입하고 있다. 특히 스마트공장의 핵심은 자동화된 설비들이 연결을 통해, 또한 기계와 인간과의 연결을 통해 원활하고 효율적으로 운

전될 수 있도록 설비에 '혼'을 불어넣는 것이며, 이러한 '혼'이 바로 소프트웨어다. 이 중 설비가 스스로 결함을 인지하고, 원인과 진전 상태를 관리자에게 통보해주는 예지보전 프로그램이 핵심 기술의 하나다.

설비관리는 오랫동안 인간의 고유 영역으로 인식되어 왔다. 많은 경험을 쌓은 관리자들은 설비에서 얻은 데이터를 분석하여 설비의 이상 상태를 발견하고, 결함의 원인을 찾아 심각한 고장이 생기거나 설비의 가동이 갑자기 중단되기 전에 조치를 취하게 된다. 이때 발생하는 문제점은 복잡하고 다양한 설비에서 발생하는 수많은 데이터들을 정확하게 수집하기 힘들다는 점과, 수집한 많은 양의 데이터를 평가하고 분석하는데 적지 않은 시간이 소요된다는 것이다. 또한 작업자가 경험해 보지 못한 상황이 발생하거나 데이터를 조금이라도 잘못 해석하는 경우 오진이 발생한다는 점도 문제로 꼽힌다. 그러므로 앞서 언급한 문제점들을 개선하여 진정한 스마트공장의 구축을 위해 많은 기업들이 꾸준한 노력과 연구를 계속하고 있다.



설비 예지보전에 필요한 기술을 살펴보면 다음과 같다.

가장 먼저 필요한 것이 센서 기술과 통신 기술이다. 설비에 센서를 설치하여 정보를 주고받고, 필요한 데이터를 자동으로 수집하여 분석과 의사결정을 담당하는 플랫폼에 이를 전송하기 위한 사물인터넷(IoT) 및 통신기술(ICT)이 필요하다.

다음으로 수집된 많은 데이터를 필요와 목적에 맞게 분류하고 통합하여 공장 설비의 현황을 쉽게 파악하고 해석할 수 있어야 한다. 즉, 빅데이터 분석 기술을 통해 설비의 상태를 확인하거나 결함을 분석하고 설비 상호간의 연관성을 파악하게 된다. 여기에 이러한 분석 데이터들을 전문가의 노하우나 지식이 적용된 자동 진단 알고리즘에 접목시킴으로써 설비의 결함을 자동으로 진단하고 결함이 발생한 원인과 진전 과정, 운전상의 문제점 및 위험 정도 파악 등 전문가가 할 수 있는 의사 결정을 대신하여 현장 관리자에게 알려주거나 전문가가 정확한 판단을 할 수 있도록 지원하게 된다. 그리고 이를 위해서는 인공지능(AI) 기술의 적용이 필요하다.

이와 같이 스마트공장에서 설비 예지보전 기술은 4차 산업혁명에 필요한 고도화된 기술들을 모두 필요로 하며, 이들 기술을 활용함으로써 얻고자 하는 최종 목적은 설비의 최적 관리와 운영에 있다. 스마트공장의 생산 방식은 확실한 “증거(근거)를 기반으로 한 생산관리(Evidence Based Management)”이다. 즉 수요를 예측하여 생산량을 결정하고, 제품을 불량이나 생산의 중단 없이 원하는 목표만큼 생산할 수 있으며, 설비의 운영을 예측하여 관리할 수 있어야만 비로소 공장이 정상적으로 운영되는 것이라 할 수 있다.

설비 보전 관리 방식

설비의 상태나 결함을 예측하기 위해서는 설비에 대한 정확한 파악이 필요하다. 설비의 이상 상태를 감지하고, 이것이 설비의 결함에 의해 발생한 것인지 혹은 일시적 과도 현상인지, 설비 자체의 문제인지 또는 공정상 다른 설비와 연관되어 있는 것인지, 이 결함의 원인은 어디서부터 발생하였으며 어떻게 진전되어 고장으로 이어질 것인가를 파악해야 한다. 이런 일련의 과정을 수행하는 것이 설비 예지보전 기술이다. 요약하면, 현재 설비에서 무슨 일이 일어나고 있고, 이 문제를 해결하기 위해 어떤 작업을 실시하여 어떻게 완료할 것인가를 결정하는 관리 방법이다.

설비 예지보전 기술의 핵심은 ‘설비를 얼마나 빠르고 정확하게 예측할 수 있는가?’에 대한 명확한 해결책 제시다. 현재의 설비보전 전문가들이 하는 보전 방식은 불확실성에서 예측하는 방법이다. 하지만 이 방법은 충분하지 못한 데이터의 수집, 공정 연관성에 대한 이해나 경험의 부족이라는 문제점을 안고 분석을 수행함으로써 명확하게 설비를 진단하는 것이 매우 어렵다. 설비에 대한 정확한 예측을 할 수 없어 설비의 가동 중단에 따른 생산 손실과 함께 많은 보수 비용이 소요된다.

앞서 기술한 과제를 해결하기 위해서는 우선적으로 설비의 유형에 따라 결함을 빠르게 검출할 수 있는 방법을 결정하고, 여기에 적합한 센서를 설치해야 한다. 아래 그림은 설비의 결함 검출에 필요한 방법들을 제시하고 있으며, 이중 가장 초기 단계에서 설비의 결함을 검출할 수 있는 것은 진동을 이용한 분석 방법이다. 결함 초기에 검출이 가능하다는 것은 보수 비용이 그만큼 적게 든다는 이점이 있다. 검출이 늦어질수록 보수비용 증가는 물론 설비의 가동을 중단해야 하기 때문에 생산 손실도 함께 증가한다.

Smart Factory를 위한 설비 예지보전 구축 전략

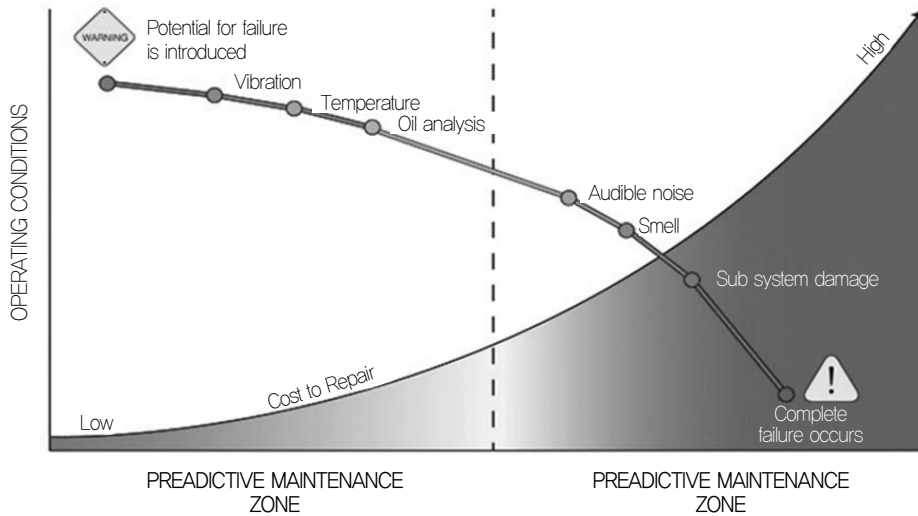


그림 1. 설비의 결함 진전과 검출 방법

중요한 사항은 검출 시 설비의 결함 특성에 맞는 방법을 선정해야 한다는 것이다. 그림에서 보면 진동을 이용한 검출 방식이 가장 초기에 검출에 적합하지만, 감속이 많은 저속 설비나 진동을 일으키지 않는 설비에 대해서는 적용이 불가능하다. 전기적 결함이 많이 발생하는 전동기의 경우에는 진동보다는 전류나 전압 또는 자계 특성을 이용한 결함 검출이 더 유용할 수 있다.

대부분의 설비들은 복합적 결함을 동반하기 때문에 필요에 따라 이들 결함을 검출할 수 있도록 여러 가지 센서를 혼합하여 사용하게 된다. 중요한 것은 센서가 많이 부착될수록 비용이 많이 소요되며, 데이터가 증가함에 따라 분석 방법이 복잡하고 다양해진다는 점이다. 따라서, 설비 특성에 맞는 최소한의 센서를 선정해야 한다.

다음으로 필요한 것이 설비를 관리하는 보전 방식이다. 기업에서는 설비의 효율적인 관리를 위해 오랫동안 노력을 해오고 있다. 과거 설비관리에 대한 기술 부족

으로 설비가 고장난 후에 이를 보수하는 '사후 보전 방식'을 적용하였으나, 설비 고장 시 손실이 매우 크고, 설비를 복구하여 재가동하는데 많은 시간이 소요되어 현재로는 이 방법을 거의 사용하지 않고 있다. 일부 설비나 고장이 나도 생산에 미치는 영향이 거의 없거나, 복구가 빠른 설비에 한정적으로 사용되고 있다.

기업에서 가장 선호하는 보전 방식은 '예방보전 방식(Preventive Maintenance)'이다. 사후보전 방식의 문제점을 개선하고, 설비가 고장나기 전에 보수를 실시하는 방식으로 효과가 크다. 이는 다시 '시간 기반 보전 방식(Time Based Maintenance)'과 '상태 기반 보전 방식(Condition Based Maintenance)'으로 분류된다. 먼저 적용한 것은 시간 기반 보전 방식으로, 설비 각 부품의 수명을 통계적으로 계산하여 교체 시기를 정하고 이 주기에 맞게 부품을 교체하는 방식이다. 이런 '예방보전 방식'은 사후보전 방식에 비해 매우 큰 효과를 보고 있으며, 설비에 크게 집중하지 않아도 된다는 생각에 많은 기업에서 선호하고 있으나, 이 방식 역시 문제점을 안



고 있다. 일부 부품에서는 교체 시기 이전에 먼저 손상이 발생하고, 이 결함을 감지하지 못한 경우 심각한 설비 고장으로 이어지기 때문에 큰 사고가 발생하기도 한다. 또한 일부 부품은 교체 시기가 되어도 문제 없이 사용이 가능하나, 통계적 기준에 따라 부품을 교체하기 때문에 과도한 보전이 되고 있다. 이와 함께 설비의 부품 교체 시기가 각기 다르므로 각각의 부품을 교체 시기에 맞춰 교체해야 하므로 설비를 자주 정지하여 보수함으로써 설비 가동률이 현저하게 떨어지는 문제점을 안고 있다. 이를 보완하기 위해 사용하는 보전 방식이 ‘상태 기반 보전 방식’이다.

이 방식은 설비의 현재 상태를 기준으로 보전하기 때문에 설비 상태에 대한 정확한 평가가 매우 중요하다. 이는 ISO 10816 또는 ISO 7919 등 기준이 국제적으로 정해져 있어 기업에서 쉽게 적용할 수 있으나, 문제점은 설비의 상태를 감지하고 이를 평가하는 시스템을 구축해야 하며, 동일한 설비라 하여도 각 기업의 실정에 따라 평가 기준을 다르게 적용할 수가 있다. 즉 기업의 설비 중요도에 따라, 또는 설치 환경에 따라 적용 기준이 다르다. 예를 들어 모터 구동 압축기 설비가 A기업에서는 ‘일반 설비’로 분류될 수 있으나, B기업에서는 이 설비가 정지할 경우 생산에 큰 차질이 발생하면 ‘매우 중요 설비’로 분류되어 집중 관리를 받게 되고, 적용 기준도 달라질 수 있다.

이 보전 방식부터는 설비관리를 위해 적지 않은 비용이 소요된다. 우선 설비의 상태를 감지할 수 있는 시스템이 구축되어야 하며, 이를 평가하고 분석하고 관리할 수 있는 조직이 구성되어야만 한다. 따라서, 투입되는 비용대비 설비관리 효과가 클 수 있도록 시스템을 구축하여야 한다.

이 보전 방식에도 문제점이 존재한다. 관리 방식이

설비의 상태를 기준으로 하기 때문에 설정한 기준치 이하에서는 설비에 대한 평가나 분석이 이루어지지 않는다. 즉, 설비에서 결함이 발생하고 이 결함이 어느 정도 진전된 상태가 되어 알람이 울리면 그 시점부터 설비에 대한 결함 분석을 실행하게 된다. 이것은 설비의 초기 결함을 검출할 수 없다는 의미를 갖고 있다. 따라서, 매우 중요한 설비나 결함 진전이 빠른 설비에는 적용되기 어렵다. 그러므로 최근 많은 기업들이 이러한 문제점을 보완하기 위해 초기 결함 단계부터 설비를 관리하는 ‘예지보전 방식(Predictive Maintenance)’을 채택하기 시작하였다.

이 보전 방식은 설비의 초기 결함, 즉 이상의 징후가 나타나는 시점부터 설비에 대한 평가와 분석을 실시하여 미리 결함을 제거하는 방식이다. 이는 상태보전 방식보다 많은 데이터가 요구되며, 무엇보다도 설비의 상태를 정확히 분석하고, 결함의 메커니즘을 해석하여 결함의 원인을 도출하고, 이를 제거 또는 대처할 수 있는 해법까지 제시해야 하므로 고도의 기술을 갖춘 설비 전문가가 필요하다. 기업에서는 이들 전문가를 육성하기 위해 많은 노력을 기울이고 있으나, 기술이 어렵고 많은 경험을 필요로 하기 때문에 이들 전문가를 키우고 확보하는데 어려움을 겪고 있다.

아직은 널리 적용되지 않고 있으나 필요한 보전 방식이 ‘선행보전 방식(Proactive Maintenance)’이다. 이는 예지보전 방식을 근간으로 하고 있으며, 결함의 원인을 찾아 보수를 하여도 반복적으로 발생하는 설비에 대해 적용하는 보전 방식으로 결함의 근본적인 원인을 찾아 해결하기 위한 것이다. 설비에서는 결함이 한 가지 원인에 의해 발생하는 경우도 있지만 복합적인 원인에 의해 발생하는 경우가 대부분이고, 1차 원인보다는 이들 원인에 의한 2차 원인으로 변형 또는 증폭되어 발생하는 결함이 많다. 단순히 표면적으로 나타난 결함 형태

Smart Factory를 위한 설비 예지보전 구축 전략

전동기 사례를 통한 보전 방식

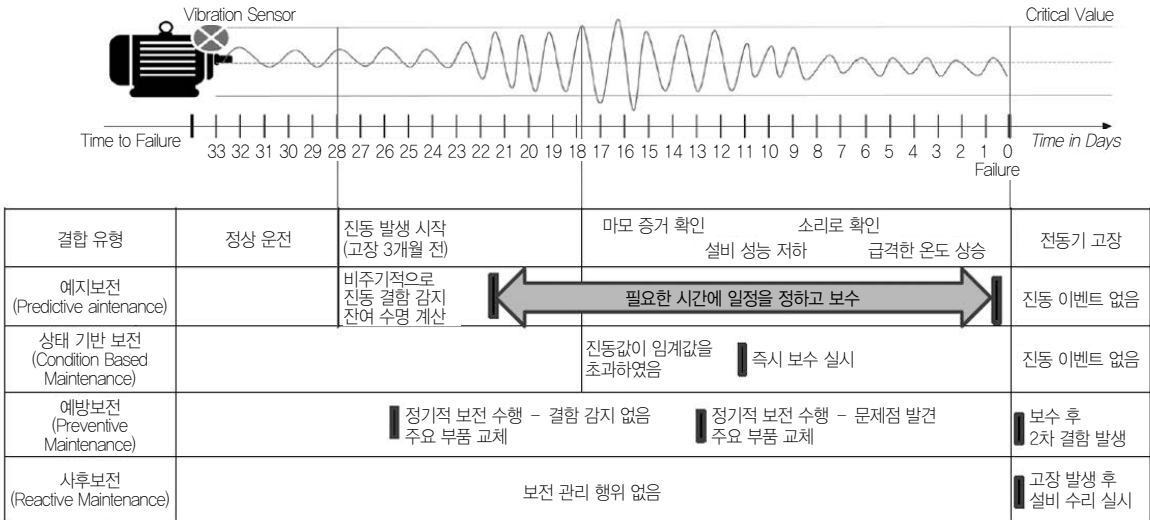


그림 2. 설비 보전 방식 비교

만 판단하고 보수를 실시하면 증상만 약화시킬 뿐, 결함은 재차 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해 결함의 근본적이 원인을 찾을 수 있도록 결함 메커니즘에 대한 철저한 해석과 함께 원천적으로 이들 결함을 제거할 수 있는 방법을 선택해야 하는데, 이것이 선행보전 방식이다. 기업에서는 실정에 맞게 이들 보전 방식을 선택하고, 설비의 유형에 따라 적용하여야 한다. 위의 그림은 전동기 사례를 통해 보전 방식을 비교한 것으로 각 방식의 차이점을 설명하고 있다.

최근 들어, IT 기술과 빅데이터 분석 기술 및 VR(Virtual Reality)이나 AR(Augmented Reality) 기술이 발전함에 따라 이들 기술을 접목한 보전 관리 방식에 관심을 갖고 있다. 이들 기술의 융합은 결함의 원인을 보다 명확히 규명하고, 결함이 설비 상호 간에 어떤 영향을 끼치는지를 확인함으로써 설비의 보수 방법과 효과를 높이는데 기여할 것으로 보고 있다.

설비보전 관리 구축

스마트공장을 구축하고자 하는 기업들은 예지보전 관리를 적용하기 원하고 있다. 그러나 어떻게 구축해야 하는지, 비용은 얼마나 소요되는지를 알 수 없어 망설이는 경우가 많다. 지금부터는 예지보전 관리 시스템을 구축하는 절차에 대해 간단히 소개한다.

회사에 맞는 예지보전 관리 시스템을 구축하기 위해서는 적용하고자 하는 해당 공장이나 기업에 대한 평가를 우선적으로 실시해야 한다. 이 시스템이 왜 필요한지에 대한 최종 목표, 대상설비에 대한 범위, 예산 및 조직 구성 등 구체적으로 설정을 하고 수치화할 수 있어야 한다. 기업의 경영자들은 항상 투자에 대한 효과(ROI : Return on Investment)를 평가하므로 이를 위해서는 구축 전후 관계를 명확히 나타낼 수 있는 수치화된 근거를 제시해야 한다. 물론 정성적 평가도 중요하지만, 대부분의 최고

스마트공장의 핵심 설비 예지보전 기술

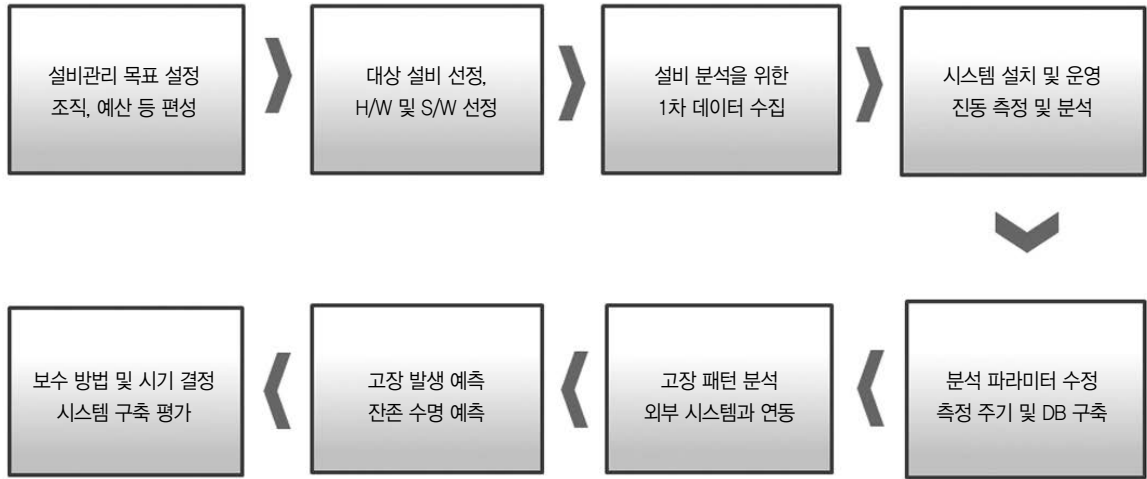


그림 3. 예지보전 관리 시스템 구축 로드맵

경영자들은 수치화된 근거를 선호하고 있다.

다음으로는 설비의 중요도에 따라 대상설비를 선정해야 한다. 각 기업마다 설비가 생산에 미치는 영향 정도에 따라 설비 등급을 결정한다. 필수 관리 설비부터 예지보전 관리를 적용하게 되며, 선정이 되는 설비의 종류에 따라 적용하는 관리 기법 유형이 결정된다. 예를 들면 진동 신호만 분석할 것인지 혹은 여기에 온도나 압력 또는 전기적 신호를 포함할 것인지를 결정하게 된다. 중요한 것은 관리 기법이 추가될수록 센서나 데이터 수집 장치가 늘어나 설치 비용이 높아지게 되므로 설비의 결함을 잘 감지할 수 있는 최소한의 설치 위치를 선정해야 한다.

설비가 선정이 되고 관리 기법이 결정되면, 이 중 한 설비를 선정해 ‘개념 검증(Proof of Concept)’을 위한 Test

를 실시한다. 여기서 얻어진 현장 데이터를 분석하여 설비의 상태, 결함의 유형 및 적정한 경고값, 선정된 관리 기법의 확인 등을 보다 구체적으로 결정하게 된다. 사전 검증을 위한 시험이 완료되면 대상설비들에게 적용하게 되며, 이 과정에서 결함을 검출할 수 있는 결함 파라미터 선정과 결함 패턴을 결정하고, 측정 주기 및 설비별 경고값 등을 설정하게 된다.

그림 3은 예지보전 관리 기법을 적용하기 위한 로드맵을 보여주고 있다. 중요한 것은 회사의 실정에 적합한 시스템을 구축하는 것으로 필요성과 예산을 엄밀히 분석하여 실행하여야 하며, 반드시 적합성 여부를 평가해야 한다. 또한, 예지보전 관리 시스템에서 얻어진 각종 자료를 기업의 생산관리 시스템에 제공할 수 있어야 한다.