

미이용 열에너지를 이용한 소형 바이너리 발전과 신경망 제어기

한건영* · 정석찬

동의대학교 인공지능그랜드ICT연구센터

Compact Binary Power plant using unused thermal energy and Neural Network Controllers

Kun-Young Han* · Seok-Chan Jeong

AI Grand ICT Research Center, Don-Eui University

E-mail : kyhan@deu.ac.kr

요 약

최근 코로나 19 사태로 인한 경기침체 극복에 대응하고 구조적 변환에 따른 국제활동을 주도하기 위한 국가 발전 전략으로 “한국판 뉴딜 종합계획”을 도입하였다. 이중 에너지와 관련된 ‘그린뉴딜’은 배출 가스 제로화를 목표로 하고 저탄소 녹색 경제로의 전환을 가속화하는 것이며, 이를 위해 정부는 재생에너지 사용확대를 촉진한다는 계획이다. 본 논문에서는 저탄소 녹색 경제로의 전환을 촉진하기 위해 미이용의 열에너지를 활용하는 소형 바이너리 발전과 신경망 활용한 제어시스템에 대해 검토한다. 이러한 바이너리 발전은 태양광, 풍력 등과 더불어 재생에너지의 도입을 가속화 할 것으로 기대된다.

ABSTRACT

In the face of the COVID-19 pandemic, the Korean Government announced the Korean New Deal as a national development strategy to overcome the economic recession from the pandemic crisis and lead the global action against structural changes. The Green New Deal related with the energy aims to achieve net-zero emissions and accelerates the transition towards a low-carbon and green economy. To this end, the government plans to promote an increased use of renewable energy in the the society at large. This paper introduces a compact-binary power plant using unused thermal energy and a control system based on Neural Network in order to accelerate the transition towards a low-carbon and green economy. It is expected that he compact-binary power plant accelerate introduction of renewable energy along with solar and wind power.

키워드

한국판 뉴딜, 미이용 열에너지, 신경망, 제어

Korean New Deal, unused Thermal energy, Compact-binary power plant, Neural Network, Control

1. 서 론

최근, 글로벌 팬데믹 사태로 인해 극심한 경기침체를 극복하고 경제·사회 구조적 대전환에 대응해야 하는 이중 과제에 직면하고 있다. 단기적인 코로나 위기 극복을 넘어, 경제·사회 구조적 변화를 적극적으로 주도하기 위한 선제적 대응책의 필요

성이 대두됨에 따라 포스트코로나 시대 선도국가로 도약하기 위한 새로운 국가발전 전략으로서 ‘한국판 뉴딜’ 종합계획을 마련하였다[1]. 이중 저탄소·분산형 에너지 확산을 위해 에너지 분야에서는 재생에너지의 활용이 중요한 정책계획으로 추진 중이다. 국내에서는 태양광, 풍력, 수력 등 대표적인 재생에너지 분야에 대해 다양한 정책적 지원, 지원사업과의 연계 등으로 필요성에 대한 인식이 매우 높아지고 있다. 그러나, 이러한 태양광, 풍력

* corresponding author

등의 재생에너지 외에도 재생에너지의 도입·확대를 위해서는 공장 폐열, 온천열, 해수 온도차 열에너지 등의 미이용의 방대한 열에너지의 이용을 촉진해 나갈 필요가 있다[2, 3].

증기는 발전소뿐만 아니라 많은 산업 분야의 중소 규모의 보일러에서 가열, 세척을 위해 생산되고 있고, 이러한 보일러에서 생성되는 방대한 열에너지 대부분은 이용되지 않고 폐기되고 있으며 뿐만 아니라 대부분 온천에서는 고열의 온천수를 적정 온도로 식혀서 사용되고 있다. 바이너리 발전은 기존의 화력발전과 같이 물을 직접 가열해 생산한 증기를 이용해 터빈을 회전시키는 방식이 아니라 저비점의 작동 매체를 외부 열원으로 가열시켜 그 증기로 발전하는 방식이며 기존에 이용할 수 없었던 저온도차 열에너지에 대해서도 발전할 수 있다. 하지만, 이러한 바이너리 발전을 실현하기 위해서는 열원의 저온성이나 열원 분산에 의한 저온도차 에너지 고유의 특성을 고려한 바이너리 발전플랜트의 개발과 그 제어방식의 연구개발이 필요하다.

본 논문에서는 향후 예상되는 전기에너지의 공급 부족의 일부를 담당하고 정부가 추진하고 있는 한국판 ‘그린뉴딜’ 정책에 기여할 수 있는 미이용 열에너지를 이용한 바이너리 발전과 신경망을 활용한 제어시스템의 대표적인 구성법에 대해 소개한다.

II. 바이너리 발전 동향 및 개요

재생에너지의 도입 확대를 위해서는 버려지는 열이용을 촉진하는 것이 중요하다. 특히, 일본에서는 저온영역의 열에너지의 유효활용을 위해 낮은 온도의 증기나 열원 온수에서도 저비점의 매체를 열교환해 이용하는 것으로 발전이 가능한 바이너리 발전(그림 1)의 도입이 진행되고 있으며 대표적으로 코베제강(72kW), IHI(20kW) 등이 바이너리 발전시스템 개발에 박차를 가하고 있다[4,5].

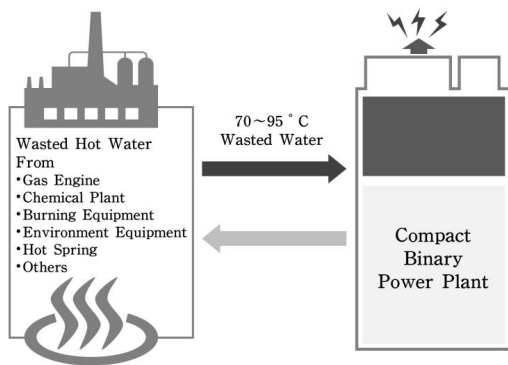


그림 1. 바이너리 발전 개념도

이와 같은 미이용 열에너지를 이용한 바이너리 발전은 20kW 이상의 중·대규모 플랜트이며, 그 발전에는 그림 2와 같이 400[ℓ/min]~1,250[ℓ/min]의 방대한 열원 온수량을 필요로 한다. 그러나 소량의 저온열원을 가지는 소규모 공장이나 온천 등지에서도 설치 가능한 소형 바이너리 발전플랜트는 실용화에 이르지 않고 있다. 이는 다른 재생에너지에 비해 싸고, 안정하게 발전할 수 있는 열교환기, 터빈, 펌프 등으로 구성되는 열사이클 유닛(unit)의 개발, 저비점 작동매체의 선정, 제어시스템이 충분히 개발되어 있지 않기 때문이다. 바이너리 발전은 태양광이나 풍력발전과 비교해 일조량이나 기후에 좌우되지 않는 높은 설비 가동률이 있고, 같은 출력의 태양광 발전의 5~7배의 전력을 생산할 수 있으며, 기존의 지열 발전과 같은 탐사 및 시추가 필요하지 않기 때문에 단기간에 발전 조업을 개시할 수 있다. 그뿐만 아니라 약 200[ℓ/min]의 소량의 열원 온수량을 활용할 수 있다는 관점에서 정부가 추진하고 있는 ‘그린뉴딜’ 정책에 기여할 수 있다. 따라서, 재생에너지의 이용 확대를 도모하기 위해서는 공장 폐열, 온천열, 해수 온도차 열에너지 등의 미이용의 방대한 열에너지의 이용을 촉진해 나가야 한다.

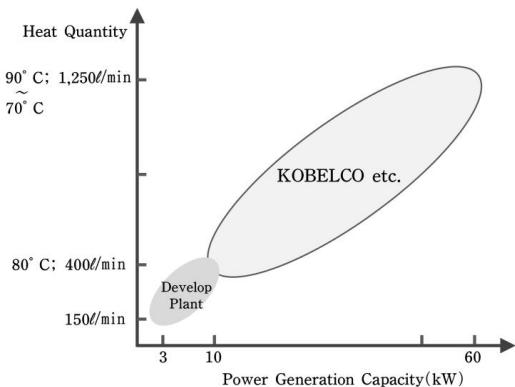


그림 2. 바이너리 발전 현황

III. 신경망을 이용한 제어시스템

최근, 다양한 산업분야에 걸쳐 신경망의 활용이 요구되고 있다. 신경망을 이용한 제어시스템 분야에서는 대표적으로 직렬형, 병렬형, 셀프튜닝형으로 분류된다[6]. 신경망 기반의 제어시스템을 설계하기 위한 각 제어시스템에 대한 특징에 대해 기술한다.

3.1 직렬형 제어기

그림 3의 직렬형 제어기는 신경망의 출력을 그대로 플랜트의 입력으로 하는 형태이며 대부분 학습 후 플랜트의 역특성이 신경망에 의해 구성되도

록 학습이 된다[7-9].

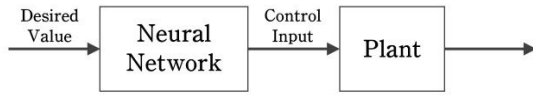


그림3. 직렬형 제어기 구조

3.2 병렬형 제어기

그림 4의 병렬형 제어기는 신경망의 출력과 종래 제어축의 출력과의 합을 플랜트의 출력으로 한다[10,11]. 기존의 제어기의 출력이 최소가 되도록 신경망이 학습함으로써 기존의 제어기에서의 학습 초기의 안정성을 보증하고, 학습이 진행됨에 따라 신경망만으로 제어를 수행한다.

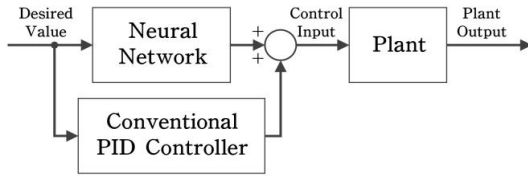


그림4. 병렬형 제어기 구조

3.3 셀프 튜닝 제어기

그림 5의 셀프 튜닝 제어기는 신경망으로부터 기존의 제어기의 파라미터를 조정한다[6,12]. Omatsu[6] 등은 기존의 제어기로써 PID 제어기를 이용해 신경망이 피드백(feed-back) 오차가 최소가 되도록 PID 제어기의 파라미터를 결정하는 셀프 튜닝 PID 제어기를 제안했다.

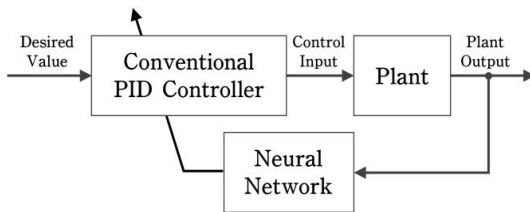


그림5. 셀프 튜닝형 제어기 구조

IV. 결론

본 논문에서는 미이용의 열에너지를 이용한 바이너리 발전과 신경망 기반의 제어시스템에 대해 소개했다. 미이용의 열에너지를 이용한 초소형 바이너리 발전플랜트를 개발 제작해 효율이 좋고 안정하고 저 코스트로 외부환경에 강인한 무인 자동 운전 제어시스템을 개발 실현함으로써 정부가 추진하고 있는 ‘그린뉴딜’의 국가 전략에 기여할 것으로 기대된다. 이를 기회로 삼아 우리나라도 방대한 미이용의 열에너지의 활용에 대한 인식제고와 더불어 신경망 기반의 제어시스템의 개발을 통해

재생에너지 및 AI 산업 경쟁력 강화를 이끌어 나가야 할 것이다.

Acknowledgement

“This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the Grand Information Technology Research Center support program(IITP-2021-2020-0-01791) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Planning & Evaluation)”

References

- [1] Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, The Korean New Deal [Internet]. Available: <http://www.molit.go.kr/newdeal>.
- [2] H. Jung, “Organic Rankine(ORC) power generation system using low&medium-grade temperature waste heat”, *The proceedings of KIEE*, vol. 65, no. 5, pp. 34-40, May. 2016.
- [3] D-W. Lee, “*Technology Market Prospect of Eco-friendly Organic Rankine Cycle Power Generation System*”, *Korea Institute of Science and Technology Information*, Nov. 2016.
- [4] KOBELCO. Binary Power Generation System Micro binary [Internet]. Available : https://www.kobelco.co.jp/products/db/1193593_14789.html.
- [5] IHI, Binary Power Generation System Heat Recovery [Internet]. Available: <https://www.ihico.jp/compressor/binary/product/product.html>.
- [6] Omatsu, Yamamoto, *Self-tuning control*, Japan: The Society of Instrument and Control Engineers, 1996.
- [7] K.S. Narendra and K. Parthasarathy, “Identification and Control of Dynamic Systems Using Neural Networks”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. No.1, pp. 4-27, March. 1990.
- [8] D.Psaltis, A.Sider and A.Yamamura, “A Multilayered Neural Network Controller”, *IEEE Control Systems Magazine*, Vol. 8, No. 2, pp. 17-22, April. 1988.
- [9] M.I.Jordan, “Generic Constrains on Underspecified

- Target Trajectories”, *Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks*, Washington D.C., pp. 217-225, August, 2002.
- [10] M. Kawato, Y. Uno, M. Isobe and R.Suzuki, “Hierarchical Neural Network Model for Voluntary Movement With Application To Robot”, *IEEE Control Systems Magazine*, Vol. 8, No. 2, pp. 8-15, April. 1988.
- [11] T. Yamada, T.Yabuta, “Adaptive Type Feedback Controller Using Neural Networks”, *Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers*”, Vol. 30, No. 10, pp. 1234-1241, Oct. 1994.
- [12] T.Yamada, T.Yabuta, K. Takahashi, “Remarks on an adaptive type Self-tuning controller using neural Network Controller”, *Proceedings of International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, Kobe, pp. 1389-1394, 1991.