

IH조리기의 부하 특성에 관한 연구

황성욱*, 나환선*, 박현정**, 김정훈**
*KEPCO 전력연구원, **홍익대학교

A Study on the Load Characteristics of IH (Induction Heating) Cookers

Sungwook Hwang*, Hwanseon Nah*, Hyeonjeong Park**, Junghoon Kim**
*KEPCO Research Institute, **Hongik University

Abstract - This paper shows the load characteristics of IH (Induction Heating) Cookers which are those of essential appliances for electrifying residential buildings in smart places. Load experiments are carried out in the same manner as like previous two studies. The results will be used to develop new load models for smart places including heat pump loads for analyzing changed power system environments by the smart grid.

올러 출력 2000W 1구 와 1300W 1구를 동시에 작동시켜 가장 많은 전력소비를 하였을 때 특성까지 분석하였다.

1. 서 론

과거 1990년과 2000년에 전력계통 안정도 해석을 위한 부하모델에 관한 연구가 각각 2년에 걸쳐 진행되었으며[1][2], 그 연구 결과는 여러 분야에서 널리 사용되어 왔다. 전력계통의 해석에 있어서 발전기를 비롯한 발전소의 여러 장치들과 변압기를 비롯한 변전소의 여러 장치들, 그리고 송전선로 등에 대하여는 그 특성계수들이 제조업자에 의하여 제공되거나, 현장 실측을 통하여 확보할 수 있기 때문에 그 모델링에 있어서 큰 어려움은 없다. 한편, 부하측은 개별 부하의 다양성으로 인하여 일정한 모델을 만들기가 매우 어려우며, 한번 정해진 모델이라 할지라도 시간에 따라 변화하는 부하특성을 반영하지 못하기 때문에 전력계통해석에 있어서 정밀도가 떨어지고 여러 가지 가정을 할 수밖에 없는 실정이다. 이러한 까닭에 부하모델에 관한 연구는 주기적으로 진행되어야 하며, 과거 10년 간격으로 진행된 것과 마찬가지로 최근 진행되고 있는 부하모델 연구는 시기적으로 필요한 연구라 할 수 있다. 이번 연구에서는 특히, 스마트그리드 추진에 따라 달라지는 부하의 특성을 반영하게 되므로 매우 의미가 있다고 할 수 있으며, 본 논문에서는 그 부하특성 변화에 미치는 대표적인 가전제품 중 하나인 IH조리기(Induction Heating Cooker)에 관하여 논하였다.

2. 본 론

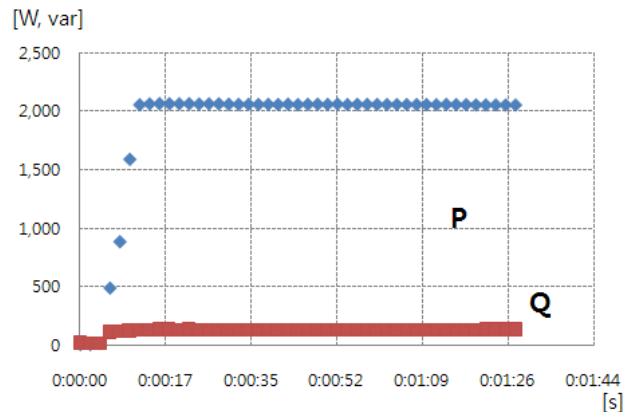
2.1 주거용 부하의 특성 변화

경제 수준의 향상으로 인하여 주거용 부하의 특성은 기존의 단순한 가전제품 사용에서 매우 다양한 형태의 디지털 제품 및 사용패턴의 다양화로 변해왔다. 특히, 스마트그리드의 추진에 따라 부하측에서는 전기 에너지주택 또는 저에너지주택의 도입으로 히트펌프와 IH조리기 같은 기존과 다른 전기화기기들의 보급이 확대될 전망이다. 이러한 기기들의 보급은 주거용 부하의 전체적인 용량 증대와 함께 사용시간대의 변화로 기존의 부하곡선과는 다른 형태의 부하곡선이 형성될 것으로 예상되며, 이에 따라 전력계통해석에 있어서 기존의 부하모델을 그대로 사용하는 데 한계가 따를 수 있기 때문에 변화된 부하특성을 반영한 새로운 부하모델의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 부하모델 개발을 위하여 필수적으로 필요한 새로운 기기들의 부하특성 실험 및 그 결과에 관하여 논하였다.

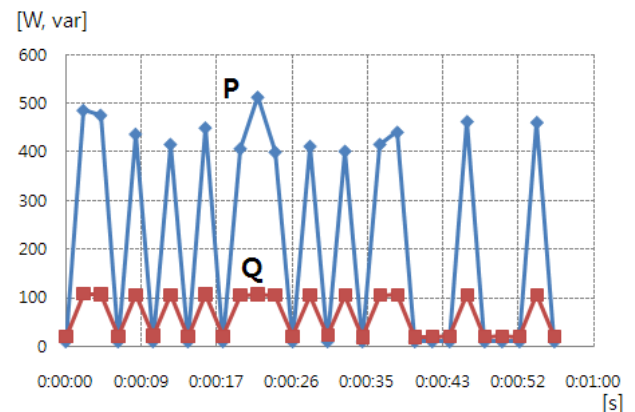
2.2 IH조리기의 부하 특성

2.2.1 운전 모드별 특성

본 논문에서 대상으로 하는 IH조리기는 9단계의 출력으로 구분되어 있는데, 5단계부터 9단계까지는 강한 화력의 요리에 사용되고, 1단계부터 4단계까지는 낮은 온도로 오래 가열하는 요리에 사용된다. <그림 1>에는 튀김, 조림, 끓이기 등에 사용되는 가장 높은 출력인 9단계의 특성을, <그림 2>에는 스투, 스프, 죽 끓이기, 뜸들이기 등에 사용되는 4단계의 특성을 나타내었다. 9단계의 경우에는 약 10초 만에 정상적인 출력을 내는 특성을 보여주는데, 이러한 특성이 기존의 가스조리기구와 가장 큰 차이점이다. 4단계의 경우에는 주기적으로 가열을 반복하는 패턴의 요리에 적합한 기능에 적합한 모드이다. 본 논문에서는 최대출력을 지속하는 9단계를 기준으로 IH조리기의 정태특성 실험을 진행하였으며, 아



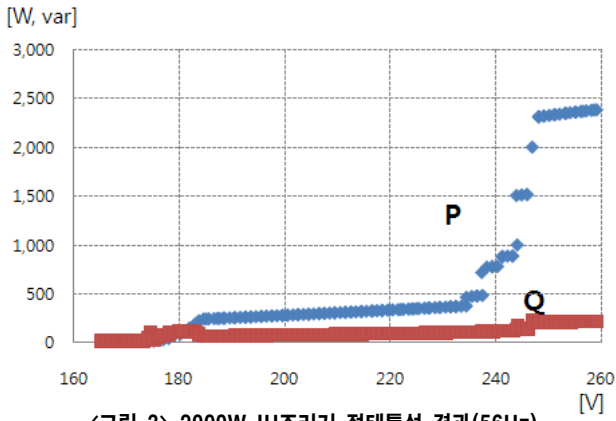
<그림 1> IH조리기 1구 최대출력(9단계) 운전 특성



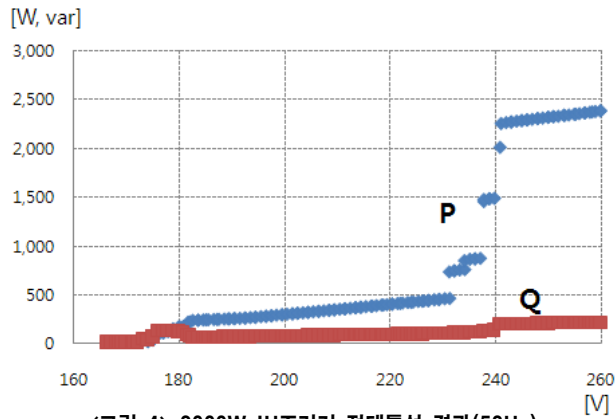
<그림 2> IH조리기 1구 가변출력(4단계) 운전 특성

2.2.2 입력 전압 및 주파수 변화에 따른 정태특성

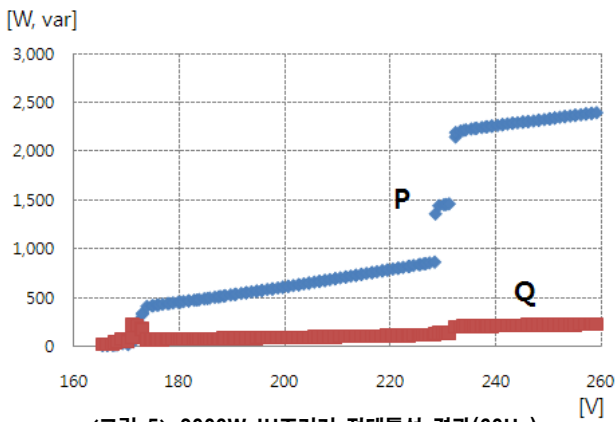
과거 그 연구 결과의 효율성이 검증되었던 두 차례의 부하모델 관련 연구[1][2]에서 가전기기의 부하특성 실험을 하였던 방법을 본 연구에서도 동일하게 적용하였다. 56, 58, 60, 62 [Hz]의 네 가지 주파수에 대하여 전압을 160~260 [V]까지 증가시켜 가면서 IH조리기가 소비하는 유효전력 및 무효전력 값을 측정하였다. 과거 연구에서 전압의 증가를 수 조작에 의존하였던데 반하여, 본 연구에서는 별도로 제작한 프로그램 및 전압주파수 가변장치를 활용하여 전압 증가 시간을 일정하게 유지할 수 있도록 하여 실험의 정확도를 높였다. <그림 2>~<그림 5>까지 각 주파수별로 실험 결과를 나타내었다. 이 결과는 출력 2000W와 1300W, 2개의 화구로 구성된 IH조리기에서 2000W 1구에 대한 결과로서 유효전력의 경우 약 230 [V] 이후에 갑자기 지수함수적으로 소비전력이 증가하는 결과를 보였으며, 무효전력의 경우에는 전압 변화에 관계없이 거의 일정한 결과를 보였다. 한편, 본 실험에서 전압은 3초당 1[V]씩 증가시켰고, 물 1L를 가열하는 것을 기준으로 하였다.



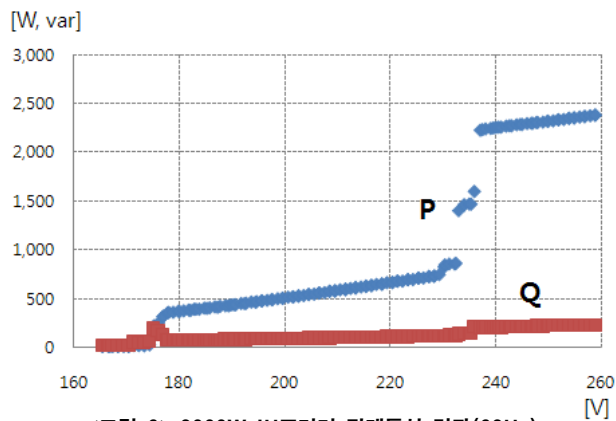
〈그림 3〉 2000W IH조리기 정태특성 결과(56Hz)



〈그림 4〉 2000W IH조리기 정태특성 결과(58Hz)



〈그림 5〉 2000W IH조리기 정태특성 결과(60Hz)



〈그림 6〉 2000W IH조리기 정태특성 결과(62Hz)

2.2.3 IH조리기 부하의 수리모형 도출

실험 결과를 바탕으로 각 주파수별로 최소자승법을 통하여 전압에 대한 유효전력과 무효전력의 5차 다항식 형태의 수리모형을 도출하였다. 추가적으로 조리시간을 다양하게 변화시켜서 최종적으로 IH조리기의 대표적인 부하모형을 개발해야 하기 때문에, 1차적으로 본 논문에서는 각 주파수별로 수리모형을 도출하였으며, 이어지는 연구에서는 전압 및 주파수에 대한 5차식으로 최종적인 수리모형을 도출할 계획이다. 도출한 5차 다항식 결과는 <표 1> 및 <표 2>와 같다.

〈표 1〉 2000W 출력 시 부하모델식

주파수	부하모델식
56Hz	$P = -1E-05V^5 + 0.0137V^4 - 5.7973V^3 + 1213.9V^2 - 126141V + 5E+06$
	$Q = -5E-09V^5 - 9E-06V^4 + 0.0113V^3 - 4.1199V^2 - 634.04V - 35567$
58Hz	$P = -2E-05V^5 + 0.0172V^4 - 7.1407V^3 + 1469.6V^2 - 150236V + 6E+06$
	$Q = -3E-08V^5 - 7E-06V^4 + 0.0189V^3 - 7.4587V^2 - 1157V - 64207$
60Hz	$P = -6E-06V^5 + 0.0055V^4 - 2.0969V^3 + 396.42V^2 - 36860V + 1E+06$
	$Q = 1E-07V^5 - 0.0002V^4 + 0.0869V^3 - 21.48V^2 + 2573.6V - 120184$
62Hz	$P = -1E-05V^5 + 0.0133V^4 - 5.4408V^3 + 1103.2V^2 - 11036V + 4E+06$
	$Q = -1E-07V^5 + 7E-05V^4 - 0.0139V^3 - 0.6093V^2 + 439.49V - 34003$

〈표 2〉 3300W 출력 시 부하모델식

주파수	부하모델식
56Hz	$P = -8E-06V^5 + 0.009V^4 - 3.3934V^3 + 878.59V^2 - 95690V + 4E+06$
	$Q = -7E-07V^5 + 0.0007V^4 - 0.3139V^3 + 67.212V^2 - 7126.1V + 299232$
58Hz	$P = -1E-05V^5 + 0.012V^4 - 5.2279V^3 + 1128.9V^2 - 120895V + 5E+06$
	$Q = -9E-07V^5 + 0.0009V^4 - 0.3954V^3 + 83.97V^2 - 8839.6V + 369000$
60Hz	$P = -2E-05V^5 + 0.0203V^4 - 8.6562V^3 + 1829.3V^2 - 191975V + 8E+06$
	$Q = -2E-06V^5 + 0.0016V^4 - 0.6751V^3 + 140.95V^2 - 14605V + 600822$
62Hz	$P = -7E-06V^5 + 0.008V^4 - 3.5531V^3 + 781.56V^2 - 85041V + 4E+06$
	$Q = -6E-07V^5 + 0.0006V^4 - 0.2776V^3 + 60.117V^2 - 6440.9V + 273152$

3. 결 론

본 논문에서는 향후 전기에너지주택 또는 저에너지주택의 보급과 함께 대표적인 전기화 제품 중 하나인 IH조리기의 보급이 활성화될 것으로 예상하여, 기존의 가전제품과 달리 소비전력이 큰 IH조리기의 부하특성을 실험하고 그 수리모형을 도출하였다. 향후에는 또다른 전기화 제품으로서 가장 소비전력이 큰 히트펌프의 부하특성에 관하여 실험 및 분석이 진행될 계획이며, 기존의 가전제품들의 특성과 함께 스마트플래이스의 부하모형을 도출하는데 활용할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] KEPCO 전력연구원, 전력계통 안정도 해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구, 1990
- [2] KEPCO 전력연구원, 전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구, 2001
- [3] KEPCO 경영연구소, 차세대 전기에너지주택 도입타당성 분석 연구, 2008