

소형 자여자 유도 발전기 동작 특성 해석

°김종겸*, 박영진*, 이은웅**

강릉대*, 강릉대*, 충남대**

Analysis of Characteristics for Small Self-excited Induction Generator

Kim Jong-Gyeum*, Park Young-Jeen*, Lee Eun-Woong**

Kangnung Univ*, Chungnam Univ**

Abstract - 에너지의 대부분을 해외에서 수입하여 사용하는 우리나라의 경우 청정에너지를 개발하여 사용하는 것이 매우 중요하다. 산간지역이나 도심지를 벗어난 곳에서 자연친화적인 소수력의 개발은 간편하게 전력에너지를 공급할 수 있어 매우 효과적이다. 본 연구에서는 소형 자여자 유도발전기의 사용시 동작특성을 분석한 결과이다.

1. 서 론

우리나라는 에너지 사용량의 대부분을 외국으로부터 수입하여 사용하고 있다. 최근 고유가로 인해 정부에서는 신·재생 에너지 보급을 높이기 위해 여러 가지 에너지 개발원을 개발하고 있다. 에너지 수입의 대안으로서 소수력은 무공해 에너지를 생산하는 것으로서 우리주위에 존재하고 있는 미활용 수자원을 이용하는 측면에서 매우 경제적이다.

소수력 발전설비는 3,000㎿미만으로 정의되었지만, 관련법의 개정으로 1만㎿이하의 수력발전설비를 말하는 것으로서 국내 대부분의 발전설비가 해당된다[1].

최근 인가가 드문 산간지역이나 도심지로부터 떨어진 곳에서는 전력의 공급이 매우 어려워 새로운 형태의 에너지 공급이 필요로 하고 있다. 이와 같은 장소에서는 자체적으로 전력을 생산할 수 있는 소형 발전시스템의 구축이 필요하다.

소수력에서는 계통 연계형과 분리형이 있는데 수용자가 밀집한 지역에서는 계통에 연결이 쉬워 연계형을 사용하고 있지만, 수용자가 많지 않은 곳에서는 계통분리형을 적용하고 있다. 계통 연계형에 주로 유도발전기가 사용되고 분리형에는 동기발전기가 사용되고 있다. 그러나 운전이나 유지보수 그리고 가격측면을 고려하여 최근에는 용량이 작은 곳에서는 유도발전기의 사용이 점차 증가하고 있다.

소수력에 사용하는 유도발전기는 유도전동기와 같은 구동원리로 회전속도가 동기속도 이상에서 발생하는 전압을 이용한 것으로서 우리나라 소수력 발전소의 많은 곳에서 설치 운영되고 있다.

본 연구에서는 전원확보가 어려운 지역에서 운전이 가

능한 소형 자여자 유도 발전기의 동작특성에 대해 분석하고자 한다.

2. 자여자 유도발전기(SEIG) 모델링 [2]

유도기는 철심을 자화시켜 회전자계를 발생시키기 위해 여자전류를 필요로 한다. 일반적으로 유도발전기는 동작을 위해 무효전력을 필요로 한다. 이 무효전력을 계통에서 공급받는 계통 연계형(Grid-Connection)과 발전기 단자에 콘덴서를 부착하여 공급받는 자여자 방식(Self-excited)이 있다. 소형으로 외딴 곳에서 전력을 생산하여 공급하기 위해서는 발전기 고정자 측에 필요한 여자원을 제공하는 자여자 방식이 많이 적용되고 있다. 자여자 방식은 간단한 구조로 구축이 가능하기 때문에 비용이 저렴하고 유지보수가 쉬워 풍력 발전 등에도 적용되고 있다.

그림 1(a)는 커패시터 여자인 농형 유도발전기를 나타낸 것이고, 그림 1(b)는 상당 표준 등가회로를 나타낸 것이다. 우선 스위치를 열고서 유도발전기가 원동기로 회전시킨다. SEIG가 속도를 점차 올릴 경우 무부하 단자전압이 상승하고 어떤 값에 안정될 경우 자여자 과정이 완성된다.

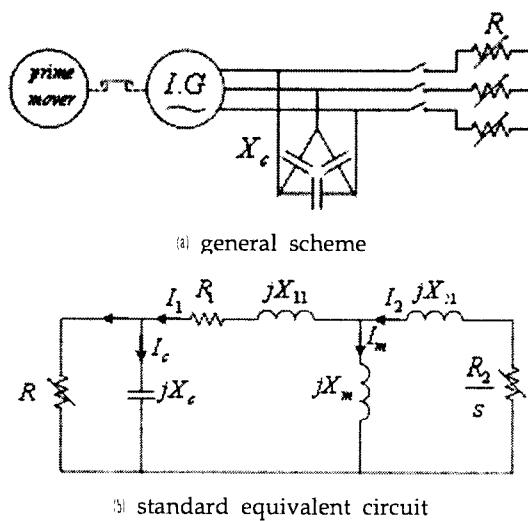


Fig. 1. Self excited induction generator with resistance load

SEIG가 부하에 일단 연결되면, 단자전압은 SEIG 파라미터, 속도 그리고 부하의 성질과 그 레벨에 따라 변화한다. 부하의 존재는 회전자 전류를 의미하는 것으로서 슬립이 제로가 되지 않는다. 발전기에 부하가 연결될 때 자여자를 위해 요구되는 속도를 찾는 것은 매우 중요하다. 본 연구논문에서는 특별한 커패시턴스 값에 대해 자여자가 발생하도록 최소 및 최대 속도의 해석과 계산을 전개하고 있다.

SEIG에서 자화인덕턴스의 변화는 전압 증가와 안정의 기능에서 매우 중요하다. 기기에서의 전압은 커패시터뱅크가 유도발전기와 부하에 필요한 무효전력을 발생할 때만 나타난다. 이는 $\frac{1}{\omega C} < L_m \omega$ 일 때 가능하다.

자여자 유도발전기(SEIG)는 필수적으로 고정자 단자에 커패시터를 연결한 정상적인 유도전동기로서 회전자는 외부 토크에 의해 회전된다. 커패시터는 고정자에 무효전력을 공급하여 과도 여자 전류가 흘러 자속(magnetic flux)을 발생하게 한다. 이로부터 유도된 역기전력은 정상상태에 이를 때까지 기기의 자계 포화 레벨의 의존성과 관련하여 계속 증가(고정자 전류도 마찬가지로)한다.

3. 해석 및 결과분석

그림 2에서 좌측은 유도발전기를 나타낸 것이고, 아래쪽(RLC_y)은 부하이며, 우측은 자여자를 위한 콘덴서이다. 그림 1과 같은 조건에서 부하의 변동유무에 따라 소형 자여자 유도발전기의 특성 변화를 그림 2와 같은 회로를 이용하여 계산하였다[3].

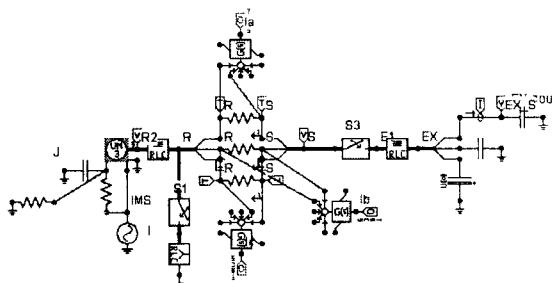


Fig. 2 Calculation model

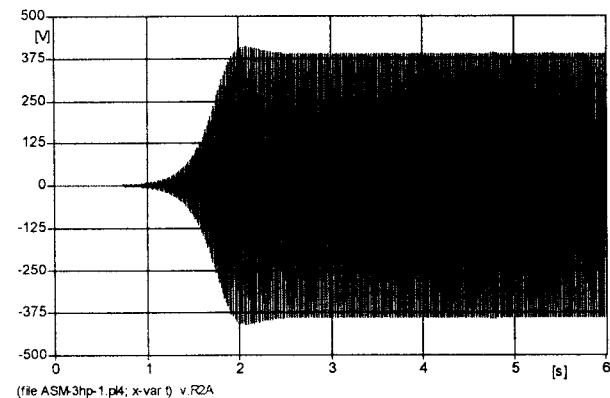
본 연구에 사용된 유도발전기의 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 유도발전기 사양

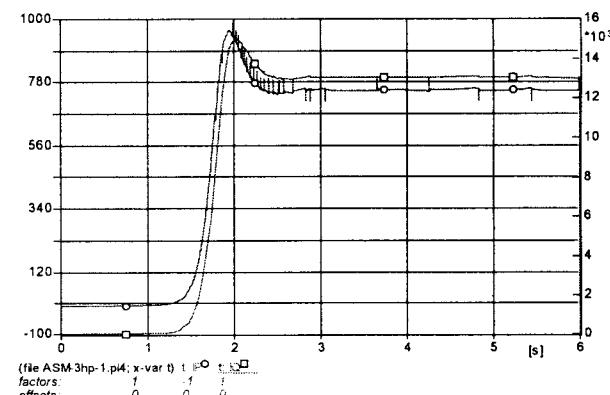
parameter	380[V], 4p, 2.2kW 60Hz
stator resistance, r_s	0.095[Ω]
rotor resistance, r_r	0.075[Ω]
stator leakage inductance, L_{ls}	0.0005[H]
rotor leakage inductance, L_{lr}	0.0005[H]
mutual inductance, L_m	0.016[H]
Inertia moment, J	5.0[kg·m²]
Friction coefficient, B	0.075[Nm·s⁻¹]

해석에 사용된 유도발전기에서 여자를 위한 콘덴서의 용량은 200F이고, 초기여자에 필요한 콘덴서 값은 2F로 설정하였다.

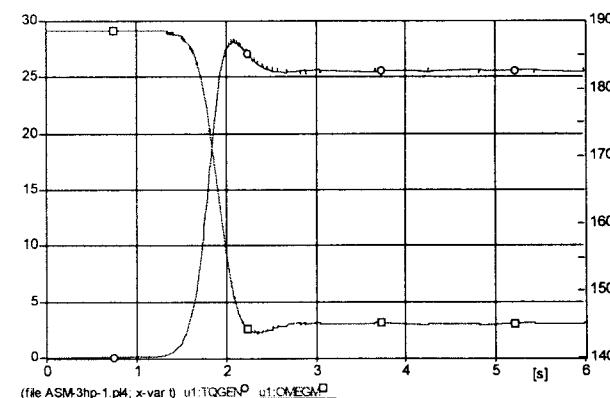
그림 3은 표 1의 파라미터를 가지고서 자여자 운전하여 일정한 저항 부하(100Ω)를 연결할 때의 발전기의 특성을 나타낸 것이다.



(a) 발생 전압



(b) 유효 및 무효전력



(c) 토크 및 각속도

Fig. 3. Calculation Results with Constant Load

그림 3(a)는 발전기 동작시의 전압변화를 나타낸 것이다. 주어진 파라미터를 가지고서 계산한 피크전압은 발전기의 정격전압보다 약간 높게 나타난다. 자여자용으로 설치하는 콘덴서의 값에 따라 발생하는 전압의 크기에도

차이가 존재하고, 전압발생의 시간에도 차이가 존재할 수 있다. 콘덴서의 값이 높을수록 발생되는 전압은 높아지고, 전압발생시간도 짧아질 수 있다. 그러나 반대의 경우 전압의 크기는 상대적으로 낮아 부하에 공급하기에는 부적합하다.

그림 3(b)는 발전기 동작으로 전환된 후 일정시간이 지나 부하를 연결하고 나서 전력변화를 나타낸 것으로서 발전기로의 동작을 위해서는 여자전류원이 필요한데 이 여자전류원이 바로 무효전력으로 발전기 동작동안 필요하게 된다. 자체 보유 콘덴서에 의한 무효전력과 발전기에서 형성된 무효전력의 영향으로 유효전력의 변화에 비해 상대적으로 높게 나타남을 확인할 수 있다.

그림 3(c)는 발전기로의 운전시 토크 및 각속도의 변화를 나타낸 것이다.

수용가 부하는 시간에 따라 달라지는 경우가 대부분이다. 이와 같은 부하변동에 대한 발전기의 특성변화를 그림 4와 같이 해석하였다. 부하의 변화는 그림 3에서 1초동안 배로 증가한 다음 원래의 부하로 운전하였다.

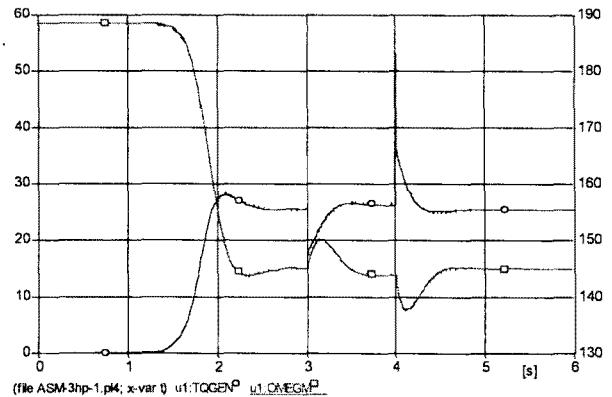
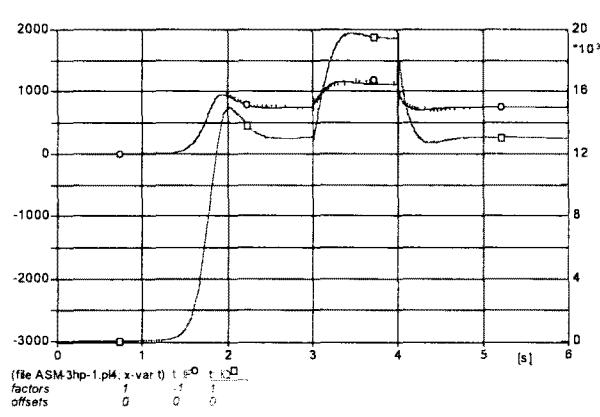
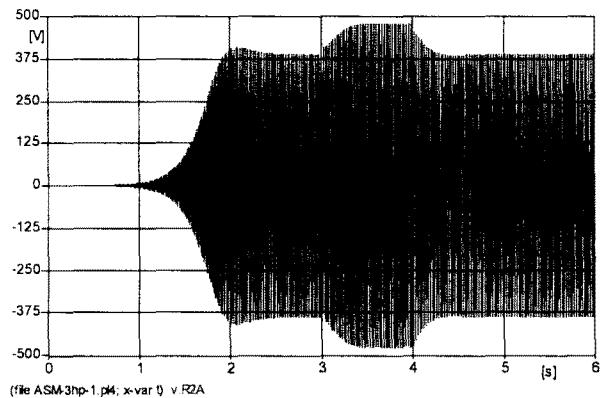


Fig. 4. Calculation Results with Variable Load

그림 4(a)에서와 같이 부하의 증가시 단자전압은 일시적으로 상승하지만, 부하가 처음과 같을 경우 단자전압은 본래의 상태로 회복된다. 그림 4(b)는 부하 변동에 따른 유효 및 무효전력의 특성을 나타낸 것으로서 일정부하에 비해 변동의 폭이 매우 크게 작용하고 있다. 특히 부하가 증가할 경우 유효 및 무효전력값도 상대적으로 높아짐을 확인할 수 있다. 그림 4(c)는 발전기 토크 및 각속도 변화를 나타낸 것으로서 부하 변동시 크게 작용함을 확인할 수 있다.

4. 결 론

소수력은 국내 부존 잠재량에 비해서 경제성이 낮아 개발이 늦어졌지만 국제 유가의 급등과 신·재생에너지 보급의 증가에 대한 관심의 증가로 발전가능성이 점차 높아지고 있다. 이와 같은 상황에서 중소형 위주의 새로운 소수력 발전시스템을 개발하여 이용할 경우 발생할 수 있는 문제점을 개선하기 위해 부하의 변동에 따른 유도발전기의 동작특성을 분석하였다. 일정부하의 운전에 비해 부하변동기 전력 및 토크 특성 변화가 크게 작용함을 확인할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이경배, 김영규, 백두현, 이은웅, "국내 소수력 발전 기술현황과 전망", 대한전기학회 2003 하계학술대회 논문집 B권, pp.762-764, 2003.07
- [2] 김종겸, "불평형 부하 운전시 유도발전기 특성 해석", 대한전기학회 논문지, 56(P), No.3, pp. 123-128, 2007.09
- [3] Ion Boldera & S.A.Nasar, "Induction Generator"