

소수력 발전용 10kW급 영구자석형 동기발전기 개발

(Development of 10kW Permanent Magnet Synchronous Generator for Small Hydropower Generation)

정학균* · 소지영 · 정동화 · 안강순 · 조중현 · 김대경**

(Hak-Gyun Jeong · Ji-Young So · Dong-Hwa Chung · Kang-Soon Ahn ·
Chong-Hyoun Cho · Dae-Kyong Kim)

Abstract

This paper presents the development of 10 kW permanent magnet synchronous generator (PMSG) for small hydropower plants considering flow rates and net head. The initial and detailed design are determined using a load distribution method (LDM) which is a well-known method for designing an electric machine and a 2D-FEA which is performed for more accurate analysis of PMSG. The characteristic analysis results of proposed model with straight line magnet are satisfied with the initial model with curved magnet. Finally, the analysis and the design results are confirmed by the experimental results.

Key Words : 2D-FEA(Two-Dimensional Finite Element Analysis), Loading Distribution Method,
Small Hydro Power

1. 서 론

국내 수력 발전사업의 경우, 그간 다목적댐 개발에 따른 대형 발전소 위주로 개발되었으나, 입지조건에 유리한 개발 지점이 적고 남아 있는 지점도 소규모지역이 대부분이며, 최근 들어서는 환경보호 문제로 대형 수력 개발은 점차 어려워지고 있는 추세이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에는 민원발생 우려가 적고 환경훼손을 방지할 수 있는 기존 시설물인 농업저수지, 수도관로, 중소규모 댐, 발전소의 방출되는 유량을 이용한 2차 발전 등 방류량을 이용한 소수력 발전기의 연구도 활발히 시도되고 있다[1-6].

소수력 발전기로 사용되는 발전기로는 동기발전기

* 주저자 : 순천대학교 전기공학과 석사과정
** 교신저자 : 순천대학교 전기제어공학과 조교수
* Main author : Master course, Department of
Electrical Engineering, Suncheon National
University, Korea
E-mail : sem.hgjeong@gmail.com
** Corresponding author : Assistant Professor,
Department of Electrical Control
Engineering, Suncheon National
University, Korea
Tel : 061-750-3546, Fax : 061-753-3546
E-mail : dkkim@suncheon.ac.kr
접수일자 : 2013년 4월 2일
1차심사 : 2013년 6월 4일, 2차심사 : 2013년 7월 19일
심사완료 : 2013년 8월 19일

와 유도발전기가 있으며, 우리나라는 현재 가격이 저렴하고, 대형 전력망에 유리한 유도발전기를 사용하고 있는 추세이다. 하지만 유도발전기는 효율이 낮고, 유지보수비용이 비싸며, 기어를 사용해 동기속도 이상으로 유지해야만 하는 단점이 있다[7-9].

단점을 보완하기 위하여 넓은 운전 범위와 고효율, 높은 출력밀도, 기어가 없어 하부구조 경량화가 가능한 영구자석형 동기발전기 연구가 진행되고 있다 [7-8]. 소수력 발전기는 대용량에 비해 유도발전기와 동기발전기의 가격의 차이가 크지 않고, 전력망에 적합하도록 PWM 인버터를 사용할 수 있어 전력망 연계를 고려할 수 있으며, 소수력의 특성상 저속에서도 효율이 높은 발전특성을 나타내는 구조를 선정하여야 한다. 이러한 특성을 보이는 구조로는 다극 구조인 영구자석형 동기발전기 개발이 필요하다[10-11].

본 논문은 소수력의 특성을 고려하여 영구자석형 동기발전기를 설계하였으며, 주요치수의 선정은 초기설계에 있어 전기기기 설계시 많이 사용되고 신뢰성이 높은 장하분배법 이용하여 설계에 필요한 발전기 사이즈를 결정하였다. 또한 적절한 발전기 사양을 선정하고, 자석의 제작 및 조립의 용이성 및 가격적 측면을 고려하여 동일한 사양에서 자석의 형상을 곡선형자석에서 직선형자석으로 변경하였다. 제안한 직선형 모델의 발전특성을 알아보기 위해서 시간차분 2차원 유한요소해석을 수행하였고 설계요구조건을 만족하고 실험특성과 비교하여 그 유효성을 확인하였다.

2. 소수력 발전기 설계

그림 1은 소수력발전 시스템 구성도를 나타낸다. 출력, 정격낙차 및 유량에 따라 사용되는 수차의 종류와 효율이 달라지기 때문에 그에 맞는 수차를 선정하고 발전기와 인버터를 연계하여 계통에 연결하는 형태로 구성된다.

개발할 영구자석형 동기발전기의 설계사양은 표 1과 같다. 표 2는 소수력발전기와 계통에 연결되는 인버터의 요구사항이다. 그림 2는 인버터 사양을 고려한 소수력 발전기의 설계 프로세스를 나타내고 있다. 설계 프로세스의 유량 및 낙차를 고려한 수차 및 설계용

량 결정은 2.1절에 나타내었으며 초기설계는 2.2절과 같이 장하분배법을 이용하여 10kW급 발전기의 주요 사이즈를 선정하고, 상세설계는 2.3절과 같이 보다 정확한 특성해석이 가능한 유한요소해석을 이용하여 슬롯의 크기 및 턴수, 자석의 크기 등 발전기 특성에 영향을 미칠 수 있는 변수들의 사이즈를 변화하였다.

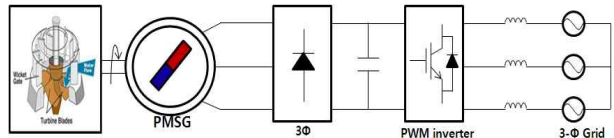


그림 1. 소수력 발전 시스템 구성도
Fig. 1. System configuration of small hydropower generator

표 1. 설계사양
Table 1. Specifications of design

항목	단위	제원
정격 출력	kW	10
정격 속도	rpm	400
출력 전압	Vac	210
정격 토크	Nm	253
효율	%	95

표 2. 인버터 요구사항
Table 2. Specifications of inverter

입력	상 수	삼 상
	전압범위	100~400Vac
	최대전압	800Vdc
	최대전류	29Arms
출력	정격전력	10kW
	정격전압 1	삼상 380Vrms (220Vrms 중 선택)
	정격전압 2	단상 220Vrms (380Vrms 중 선택)
	최대전류	50Arms
	주 파 수	60Hz
	전압 변동률	+ - 10% 이내
	주파수 변동률	+ - 1% 이내
제어방식	PWM	

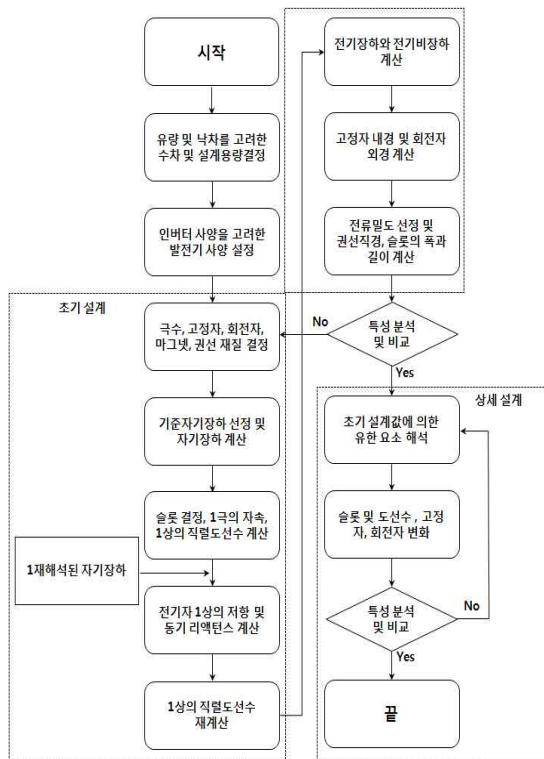


그림 2. 소수력 발전기 설계 프로세스
Fig. 2. Design process of small hydropower generator

설계 프로세스에 의해 개발할 영구자석형 동기발전기는 저속인 400rpm에서도 높은 효율을 보이는 다극 구조를 선정하여 16극으로 하였으며, 유량과 낙차를 고려하여 정격 10kW로 하였다. 이때 수차에서 발전기로 전달되는 축동력은 400rpm에서 발전기효율이 95%로일 때 입력토크는 253Nm 이상이어야 한다.

2.1 수차 선정 및 용량 산정

소수력 발전기는 수차에 연결되어 축 동력을 얻는 방식이며 잘못된 수차 선정은 기계적인 효율의 하락을 가져올 수 있다. 그러므로 낙차와 유량, 출력에 맞는 수차 선정이 중요하며 이에 맞는 시설용량을 선정하여야 한다.

즉 시설용량을 선정하기 위해서는 유량특성을 파악하여야 하고 유량특성을 파악하기 위해서는 유황분석이 수반되어야 한다. 유황분석은 크게 계측유역과 미

계측유역에 대한 해석법으로 나눌 수 있다. 계측 유역에 대한 해석법으로는 확정론적 모형, 확률론적 모형, 추계학적 모형을 이용하는 방법이 있고, 미계측유역의 경우 인근 계측유역을 이용한 유역평균유출고법, 면적비법, 지역화기법이 있다. 그 밖에 여러 가지 방법이 있으며 유황과 관련된 기준 용어에는 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량이 있다. 또한 발전사양을 결정하기 위하여 유량자료로부터 유황곡선을 작성하고 설계유량을 결정한다. 일반적으로 일평균 유량자료로부터 얻은 유황곡선은 일평균 이외의 자료(월, 년평균)로부터 얻은 곡선보다 보다 세부적이고 정확하게 흐름특성이 제시된다[12-13].

본 논문에서는 시설장소의 유량분석결과 갈수기와 농번기에 따라 방유되는 유량이 변동되었으며 갈수기 41 [kg/s], 농번기 240 [kg/s], 평균유효수두 25 [m]임을 확인하였다. 또한 설계유량은 유황곡선 상에서 시간초과백분율 25% 근처에 해당되는 유량 값을 기준으로 하여 결정하는 것이 일반적이다.

소수력 에너지 $P_t [kW]$ 는 식 1과 같이 나타낼 수 있으며 설계유량, 손실 및 효율을 고려한 실제 에너지 $P [kW]$ 는 식 2와 같다.

$$P_t = \rho g Q H \quad (1)$$

$$P = \rho g Q_d H_e \eta \quad (2)$$

여기서 ρ 는 유체의 밀도 [kg/m^3], g 는 중력가속도 [$9.8m/sec^2$], Q 는 유량 [m^3/sec], Q_d 는 설계유량 [m^3/sec], H 는 낙차 [m], H_e 는 유효낙차 [m], η 는 수차 및 발전기의 합성효율 [%]이며 위식에 의해 일반적인 ($\rho = 1000kg/m^3$) 소수력발전의 시설용량은 식 3과 같다.

$$C = 9.8 Q_d H_e \eta \quad (3)$$

손실을 배제한 갈수기와 농번기의 가능용량산정 결과 10.045kW~58.8kW 사이의 용량을 얻을수 있음을 확인하였다. 이때 수차에서 발전기로 동력이 전달될 때의 손실을 고려하고, 시간차분백분율[25%]근처에

해당되는 유량 값을 기준으로하여 용량을 산정하는 것이 일반적이므로 약 10kW 소수력 발전기를 선정하였다.

2.2 장하분배를 이용한 초기설계[11]

장하분배법을 이용하면 발전기 사양을 고려한 고정자 외경, 회전자 외경, 자기장하, 직렬도선수, 권선 직경, 슬롯의 크기 등 주요치수값들을 근사하게 정할 수 있어 초기설계에 유용하다.

출력 10KVA, 극수 16, 전기자 권선을 성형결선(Y결선)으로 하여 장하분배를 설계하면 초기에 계산되는 정격전류 I , 매극의 용량 S , 비용량 $S/(f \times 10^{-2})$ 은 다음과 같다.

$$\text{정격전류} : I = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 300} = 19.25[A] \quad (4)$$

$$\text{매극의 용량} : S = \frac{10}{16} = 0.625[KVA] \quad (5)$$

$$\text{비용량} : \frac{S}{f \times 10^{-2}} = \frac{0.625}{60 \times 10^{-2}} = 1.042 \quad (6)$$

본 논문은 식 (4)~(6)의 값들과 경험치 값들인 장하분배 정수, 기준자기장하, 극절 등 여러 가지 수치 및 수식을 통하여 발전기의 주요치수들을 계산하였다. 출력특성에 많은 영향을 미치는 자극면의 공극의 길이를 결정하기 위해서 공극의 자속 밀도를 고려하고, 공극의 비투자율은 1로 하였다. 이때 공극(δ)은 식 (7)와 같다.

$$\delta = \frac{0.517K_d k_w k_s}{0.8K_c K_s} \times 10^{-4} \times \frac{AC}{B_g} = c \times 10^{-4} \times \frac{AC}{B_g} \quad (7)$$

여기서 $c = 0.517K_d k_w k_s / 0.8K_c K_s$ 이며, 원통형 발전기 이므로 $c = 0.3 \sim 0.45$ 사이의 값을 가지며, K_d 는 분포계수, k_w 는 권선계수, k_s 는 정격전압에서의 포화계수, K_c 는 카타 계수 1.02~1.2사이의 값,

K_s 는 단락비, AC 는 전기장하, B_g 는 공극 자속밀도이다.

그림 3은 장하분배법으로 설계된 소수력 발전기 모델이다.

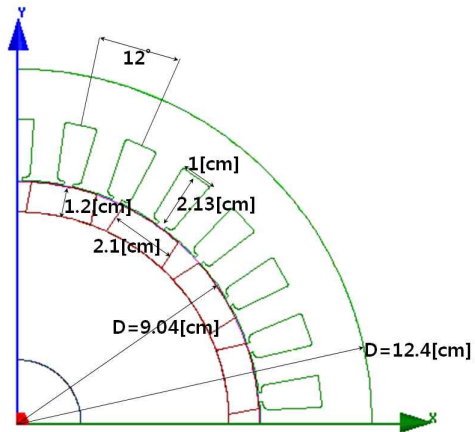


그림 3. 장하분배로 설계된 소수력 발전기 모델
Fig. 3. Small hydropower generator model based on loading distribution method

2.3 자석변화 및 상세설계

장하분배로 설계된 모델은 발전특성을 확인한다. 슬롯의 크기 및 턴수, 자석의 크기 등 발전기 특성에 영향을 미칠 수 있는 변수들을 선정하여 발전특성을 고려하고, 적절한 점적률과 슬롯의 크기를 결정하였다. 설계변수는 그림 6과 같이 선정하였다. 여기서 마그넷 길이 X1, 마그넷 두께는 길이와 동일비율로 변화, 슬롯의 길이 X2, 슬롯의 폭 X3, 오픈슬롯 X4이다.

표 3과 4는 설계 변수를 결정하고 구조적인 제한을 고려하여 설계 변수 범위를 결정하였고, Random LHS 방법을 사용하여 실험계획법을 세운 뒤 변수 변화에 따른 특성을 분석하여 발전 특성을 알아보았다. 그림 7은 결정된 사이즈에서 자석의 제작 및 조립의 용이성, 가격적 측면을 고려하여 동일한 사양에서 자석의 형상을 곡선형자석에서 직선형자석으로 변경하였으며, 정확한 특성해석이 가능한 유한요소법을 수행하였다. 표 5는 유한요소법을 통하여 설계된 소수력 발전기의 제원을 나타내었다.

소수력 발전용 10kW급 영구자석형 동기발전기 개발

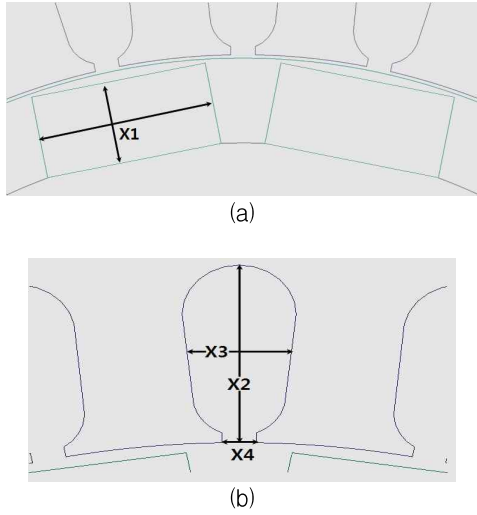


그림 4. 설계변수 (a) 자석 변수 (b) 슬롯 변수
Fig. 4. Design variables (a) Magnet variables (b) Slot variables

표 3. 변수 조건
Table 3. Variable conditions

항목		단위	최소	최대
설계 변수	X1(마그넷길이)	mm	23	30
	X2(슬롯 길이)	mm	20	24
	X3(슬롯 폭)	mm	8.9	11.9
	X4(오픈 슬롯)	mm	2.5	4

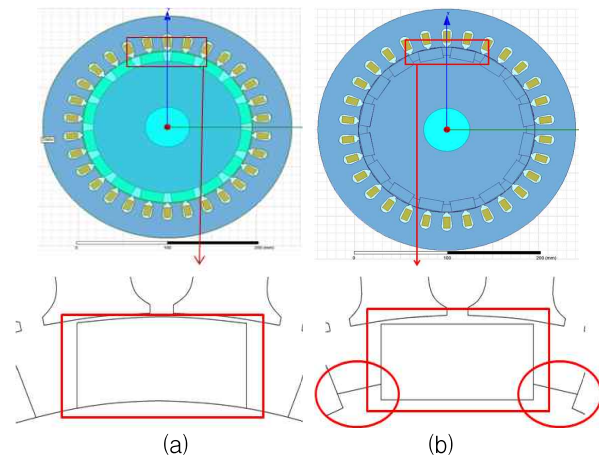


그림 5. 자석형상 변경 모델
(a) 곡선형모델 (b) 직선형모델
Fig. 5. Shape change model of magnet
(a) Curved model (b) Straight model

표 4. 설계 변수에 의한 특성
Table 4. Characteristics according to variable conditions

X1	X2	X3	X4	단위중량당출력 W/kg	효율 %
29.6	22.5	9.8	3.2	117.75	95.49
30.0	22.3	11.9	2.5	106.31	95.18
28.5	22.7	9.2	2.7	117.18	95.37
25.2	23.4	11.3	3.5	103.2	95.07
29.3	20.0	11.1	2.6	110.04	95.28
25.9	20.2	10.6	3.1	106.47	95.08
25.6	21.9	10.3	2.9	107.17	95.04
28.9	20.4	9.4	2.8	116.82	95.42
26.7	23.2	10.8	3.1	109	95.17
24.8	22.9	11.7	2.7	98.86	94.99
28.2	21.1	9.1	3.8	116.47	95.36
26.3	20.8	10.0	3.4	109.84	95.12
24.1	23.6	11.4	3.7	98.84	94.68
27.4	22.1	10.5	3.6	111.53	95.22
27.1	23.8	10.2	3.4	112.41	95.24
23.7	24.0	9.7	3.9	102.68	95.06
27.8	20.6	9.5	3.0	114.63	95.28
24.5	21.3	11.6	3.8	98.21	95.06
23.0	21.7	8.9	4.0	100.05	95.07
23.4	21.5	11.0	3.3	97.41	95.05

표 5. 소수력 발전기의 제원
Table 5. Specification of small hydropower generator

구분	항목	제원
사양	정격 출력 kW	10
	정격 전압 Vac	210
	정격 속도 rpm	400
	공극 mm	0.5
	적층 길이 mm	240
고정자	외경 mm	280
	내경 mm	192
	슬롯수	30
	재질	S08
회전자	외경 mm	191
	Magnet	NdFe35
	극수	16

3. 소수력 발전기 특성 및 실험

모델로부터 권선 저항 및 end-turn 누설 인덕턴스를 추출한 후, 영구자석형 동기 발전기의 정밀한 특성 해석을 위해 전자장 해석프로그램인 Maxwell을 이용하여 시간차분 2차원 유한요소 해석을 수행하였으며 발전특성을 살펴보기 위해 상용툴인 Simplorer와 연동해석을 수행하였다. 또한 제작 전의 여러 특성들을 알아보기 위하여 정격속도로 회전시키면서 3상 정류기, 캐패시터, 및 부하저항을 부착한 DC부하특성의 역기전력, 출력전압, 출력전류 등 출력특성을 살펴보았다. 또한 2차원 유한요소 해석을 통해 자석 형상을 변화시킨 2가지 모델의 손실과 발

전 효율을 산출하였다.

특성해석을 통하여 입력을 구하는 방법은 두 가지 방법이 있으며, 입력토크로 계산할 경우 손실을 고려하지 않으며 원형구조이기 때문에 회전속도를 각속도로 바꿔서 계산하여야 한다. 손실을 고려한 입력은 식 (10)과 같다. 그림 8과 표 6는 DC부하(21Ω)에서의 부하특성을 유한요소해석법을 통하여 구한 값이다.

$$W_{out} = V_{out} \times I_{out} \quad (8)$$

여기서 W_{out} 은 출력전력, V_{out} 는 출력전압, I_{out} 는 출력전류를 나타낸다.

$$W_{in_1} = T_{in} \times \{(2\pi \times \omega) / 60\} \quad (9)$$

$$W_{in_2} = W_{out} / \{W_{out} + P_{cu} + P_{Fe}\} \quad (10)$$

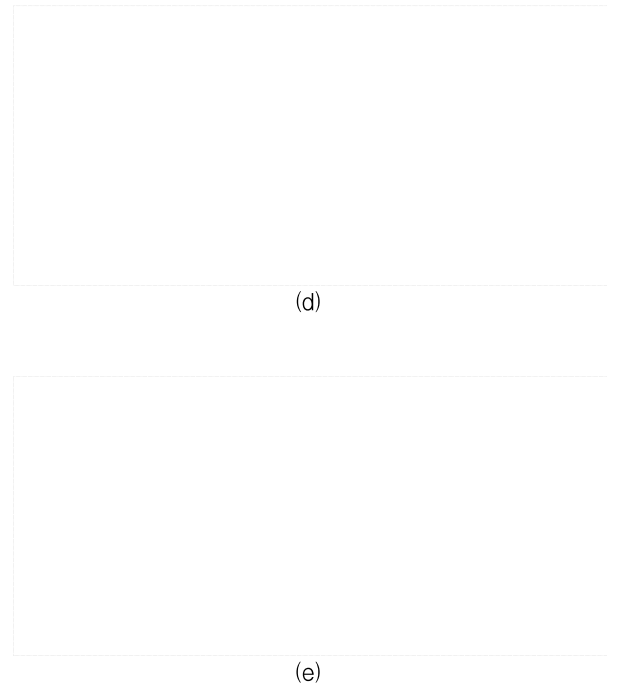
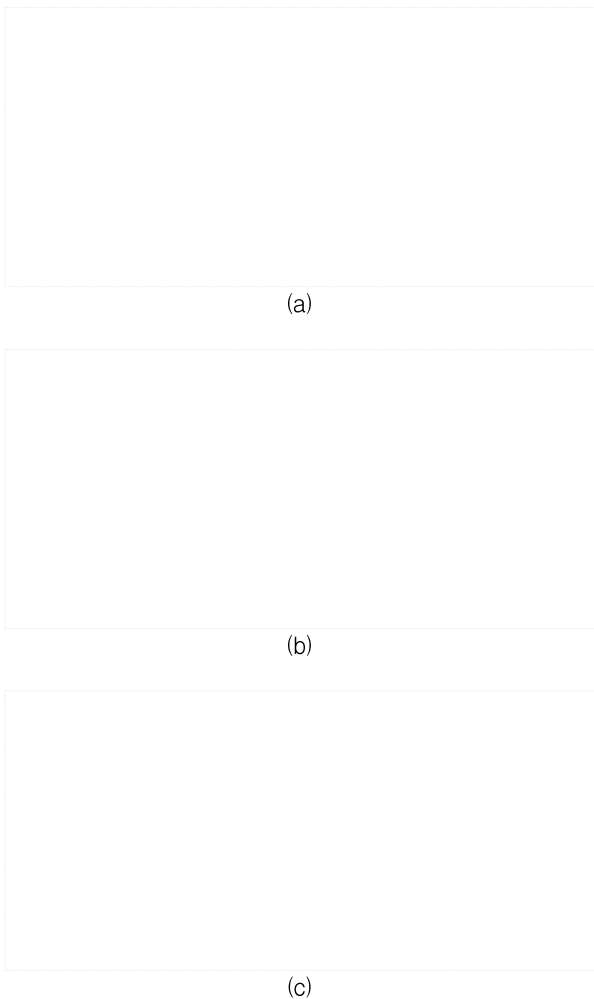


그림 6. DC부하 특성(21Ω) (a) 토크 (b) 철손 (c) 출력전압 (d) 출력전류 (e) 3상전류
 Fig. 6. DC load characteristic(21Ω) (a) Torque (b) Core loss (c) Voltage (d) Current (e) 3 Phase current

소수력 발전용 10kW급 영구자석형 동기발전기 개발

여기서 W_{in} 은 입력전력, $T_{in(1,2)}$ 은 입력토크, w 는 동기속도, P_{cu} 는 동손, P_{Fe} 는 철손을 나타낸다. 위 식을 통해 발전효율 P_n 을 구하면, 동손은 식 (12)와 같고 철손은 그림 8에서 (b)와 같다.

$$P_n = (W_{out} / W_{in_1}) \times 100 \quad (11)$$

$$P_{cu} = I_a^2 R_f + I_b^2 R_f + I_c^2 R_f \quad (12)$$

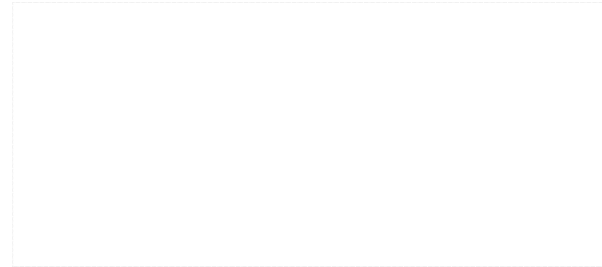
본 논문에서의 발전효율은 입력토크를 이용하여 나타냈으며 R_f 는 내부저항이다.

표 6. 소수력 발전기 DC부하(21Ω) 특성해석
Table 6. DC load (21Ω) Characteristics analysis of small hydropower generator

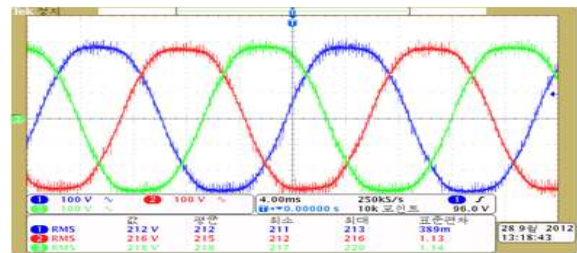
		곡선형모델 (공극 : 1.0)		직선형모델 (공극 : 1.0)	
입력		11,423W		10,767W	
출력		10,960W		10,260W	
전압		502.1V		464.3V	
전류 A	상전류(ac)	출력전류 (dc)		상전류(ac)	출력전류 (dc)
	a상	16.9	21.8	a상	17.2
	b상	17.7		b상	18.0
	c상	16.8		c상	17.1
토크		272.7Nm		257.1Nm	
효율		95.94%		95.29%	

두 모델의 2차원 유한요소법을 통한 특성해석 결과 두 모델 모두 설계 조건에서 벗어나지 않았으며, 곡선형모델에서 직선형모델로 자석형상을 변화한 경우 표 6를 통하여 입력, 출력, 전압, 전류, 효율이 곡선형모델보다 다소 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 이러한 특성차이는 입력토크의 차이를 고려하고, 곡선형자석의 제작 어려움과 제작단가 증가, 회전자 조립시 어려움, 자석의 접촉성을 고려하여 직선형모델을 선정하였다.

그림 7은 설계모델의 검증하고자 역기전력의 실험 파형과 시뮬레이션 결과를 나타내었다.



(a)



(b)

그림 7. 역기전력 (a)시뮬레이션 파형(100V/Div.)
(b)실험파형(100V/Div.)

Fig. 7. Back-emf (a) Simulation waveform (100 V/Div.) (b) Experiment waveform(100V/Div.)



(a)



(b)

그림 8. 소수력 발전기 (a) 회전자 (b) 조립된 발전기
Fig. 8. Small hydropower generator (a) Rotor (b) Assembled generator

그림 8은 제작되어진 모델을 보여주고, 제작된 소수력 발전용 영구자석형 동기발전기의 특성을 측정하기 위해서 그림 9와 같이 구축된 M-G Set에 제작된 시제품을 장착하고 각종 측정 장비를 구성하여 발전기의 토크, 출·입력단의 전압 측정 및 특성을 파악하였다. 그림 10은 입력과 출력, 효율, 동기속도, 선간전압을 나타내며 토크 257Nm에서 선간전압 323V, 입력과 출력이 10kW 이상을 나타냄을 확인할 수 있다. 또한

효율은 257Nm에서 약 95.2% 효율을 나타냄을 확인할 수 있다.

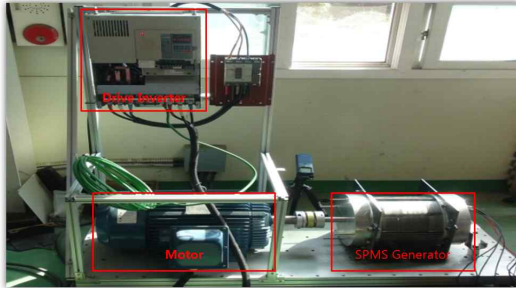


그림 9. 소수력 발전기 특성시험 장치
Fig. 9. Test set-up of small hydropower generator

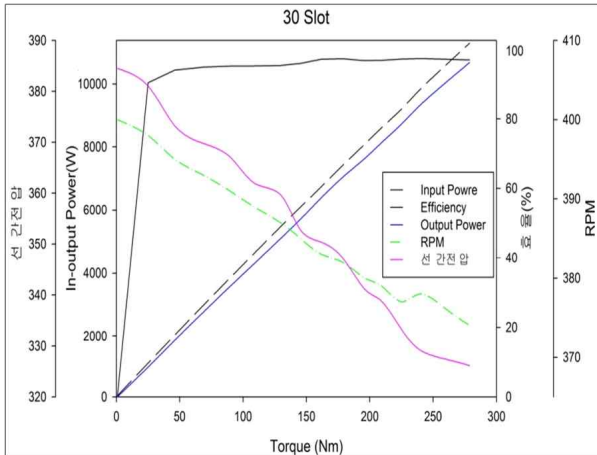


그림 10. 소수력 발전기 성능시험 결과
Fig. 10. Performance test results of small hydropower generator

4. 결 론

본 논문은 저낙차용 소수력 발전용 영구자석형 동기 발전기의 개발에 대해 다루었다. 10kW급 소수력 발전기 설계를 위하여 장하분배법 및 유한요소법을 사용하여 설계에 필요한 주요치수들을 결정하고 설계과정을 제시하였으며, 제작 및 조립의 용이성, 경제성 등을 고려하여 곡선형모델에서 자석 형상을 변화한 직선형 모델을 제시하였다. 제시한 직선형모델은 곡선형모델과 특성을 비교한 결과 설계 요구 조건을 만족함을 확인할 수 있었다.

Acknowledgments

This work was supported by the New & Renewable Energy of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) Grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry & Energy. (No. 20113030060010)

References

- [1] Young-Han Gwon, Ji-Young Kim, "Environmental Consideration for Small Hydro Power Plant Development Projects", KEI, WO-14, 2006.
- [2] Kyun-Nam Kim, Bum-Soo Kim, Jeong-Ho Kim "Status and challenges of small hydropower in Gangwon Province", Research Institute for GangWon", 2010.
- [3] Bum-Soo Kim, Kyung-Nam Kim, Research Institute for Gangwon, "Issues that should be considered when introducing and Small Hydro Power Generation characteristics", 2009.
- [4] G. B. Lee, E. W. Lee, "Overview and Trend of Small hydropower Development in Korea", Korea Water Resources Corporation, 2005.
- [5] Wan-Soon Park, Chul-Hyung Chul, "Design parameters of Small Hydropower Sites for River Systems", KSES, Vol.30, No.1, April 2010.
- [6] Anuradha Wijesinghe, Loi Lei Lai, "Small Hydro Power Plant Analysis and Development", IEEE International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, July 2011.
- [7] M. H. Haque "Characteristics of a stand-alone induction generator in small hydroelectric plants", IEEE Australasian Universities of Power Engineering Conference, p1-6, 14-17 Dec 2008.
- [8] Xiaoli Cui, Andreas Binder, Erwin Schlemmer, "Straight - Flow Permanent Magnet Synchronous Generator Design for Small Hydro power Plants", IEEE International Conference on Clean Electrical Power, ICCEP '07, May 2007.
- [9] A. Dietz, A. Groeger, C. Klingler, "Efficiency improvement of small hydroelectric power stations with a permanent magnet synchronous generator", IEEE International on Electric Drives Production Conference, 93-100P, Sept 2011.
- [10] Qingling He, Xiaohua Bao, Qunjing Wang, "Analyzing on Structure Parameters for low-speed permanent Magnet Synchronous Generator", IEEE International Conference on Electrical Machines and Systems, Oct 2008.
- [11] H. G. Jeong, D. S. Kim, J. Y. So, D. H. Jung, C. H. Cho, D. K. Kim, "Design of 10kW Micro Hydropower Generator using Loading Distribution Method", KIEE Domestic Conference on Energy Conversion and Electric Equipment, November 2012.
- [12] G. H. Kim " Framework of Feasibility Study for Small

Hydropower Development” Inha University, Master’s Thesis, 2008.

[13] Y. H. Kim “ The Sihwa Lake Hydro-Turbine Optimum Design through an Marine Environment Investigation Analysis” Chonnam National University, Master’s Thesis, 2010.

◆ 저자소개 ◆



정학균(鄭學均)

1986년 4월 18일생. 2012년 순천대 대학교 전기제어공학과 졸업. 2012년~현재 동 대학원 전기공학과 재학중(석사).



소지영(蘇智永)

1960년 11월 20일생. 1983년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1985년 동 대학원 졸업(석사). 1985년 동 대학원 졸업(박사). 현재 국립 순천대학교 전기제어공학과 교수.



정동화(鄭東和)

1955년 8월 15일생. 1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 전기제어공학과 교수.



안강순(安康淳)

1969년 6월 7일생. 1997년 한양대 대학원 기전공학과 졸업(석사). 1997~1998년 LS산전 주임연구원, 2012년~현재 동 대학원 전자전기제어계측공학과 박사과정(박사수료). 2003년~현재 (주)윌링스 대표이사.



조중현(曹鍾炫)

1979년 4월 4일생. 2006년 경상대 대학원 항공공학과 졸업(석사). 2010년 동 대학원 항공우주공학과 졸업(박사). 2004~2005년 (주)HANGIS 연구원, 2010년 경상대학교 연구교수. 2011년~현재 (주)썬테크 연구소장.



김대경(金大慶)

1972년 9월 27일생. 2001년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 동 대학원 전자전기제어계측공학과 졸업(박사). 2001~2005년 삼성전자 가전연구소 선임연구원. 2005~2011년 전자부품연구원 디지털 컨버전스연구센터 센터장. 2011년~현재 순천대학교 전기제어공학과 조교수.