배전선로에 유도발전기 연결시 역률 변동에 관한 연구

김종겸*, 박영진*, 이경배**, 김영국**
강릉원주대*, K-Water**

A study on the variation of power factor by connection of the induction generator to the distribution line

Jong-Gyeum Kim*, Young-Jeen-Park*, Kyung-Bae Lee**, Young-Kuk Kim**
Gangneung-Wonju National University*, K-water**

Abstract - Recently induction generator has been applied to many small hydro power plants. Induction generator needs a reactive power for magnetization. The reactive power of induction generator is being supplied from the supply side mostly. The use of induction generators in the power distribution grid can affect the power factor. The power factor of induction generator is fixed already during production. The power factor in the distribution system is due to the increase or decrease of the load rather than due to the induction generator.
In this study, we analyzed how the power factor is changed according to the load increase or decrease in the distribution lines.

1. 서 론

수력에너지는 청정에너지로서 에너지 변환효율이 다른 신재생 에너지에 비해 매우 높은 편이다. 그래서 청정에너지를 이용하기 위해 용량이 작은 곳에라도 에너지를 얻고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다.

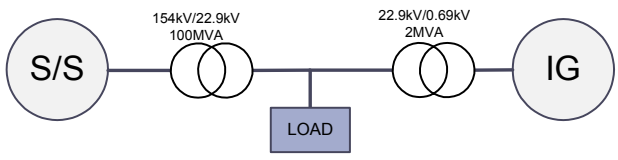
물이 가지고 있는 위치에너지를 수차에 의해 기계에너지로 변환한 다음 이를 전기에너지로 변환하는데 사용하는 발전기에는 동기발전기와 유도발전기가 사용되고 있다. 유도발전기는 동기발전기에 비해 튼튼하고, 제작비용이 저렴하며 유지보수가 쉬워 최근 많이 사용되고 있다.

유도발전기는 자화를 위해 무효전력을 필요로 하는데 이를 전원측에서 제공받아야 한다. 이 때문에 부하가 연결된 전원측에서 역률의 변화가 발생한다. 유도발전기의 역률은 설계시 이미 정해진다. 그러나 계통에 유도발전기를 연결하여 운전할 경우 배전선로에 연결된 부하의 증감에 따라 계통에서의 역률이 달라져 발전기 설치자와 사용자가 서로 역률의 변화에 대해 의문을 가지는 경우가 있다.

본 논문에서는 배전선로의 말단에 유도발전기를 설치하여 배전선로의 부하의 증감에 따라 계통의 전력 흐름 분석을 통해 역률의 변화를 확인하였다.

2. 계통 구성

유도발전기가 연결된 변전소, 부하 및 배전선로는 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 배전선로, 부하 및 발전기 구성도

그림 1에서와 같이 유도발전기가 설치된 수력 발전소는 변전소로부터 멀리 떨어진 곳에 있다. 변전소는 배전선로에 연결된 수용가에 전력을 공급하고 있으며, 부하 말단에 설치된 유도발전기는 발전된 유효전력을 배전선로에 공급하고 있다.

유도발전기의 1차측은 저압이지만, 변압기를 통해 특고압으로 변환시켜 배전계통에 연결하여 전원측으로 전력을 공급하도록 되어 있다.

본 연구에 적용된 3상 농형 유도발전기 사양은 표 1과 같다.

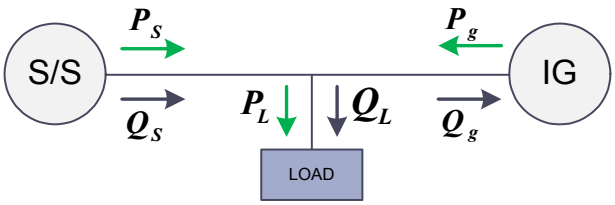
〈표 1〉 유도발전기 사양

Quantity	value
Voltage	0.69kV
rated output	1,500kW
pole	10
power factor	0.83
efficiency	92%

표 1에서 발전기 출력은 유효전력에 해당되고, 발전기 자화에 필요한 무효전력은 역률과 유효전력으로부터 구할 수 있다.

3. 계산 및 결과 분석

변전소에서 수용가에 전력을 공급하는 계통도는 그림 2와 같다. 그림 2에서 유도발전기는 대개 계통의 말단에 부착한다. 부하에 필요한 전력을 공급하는 것은 변전소에서 주로 부담하지만, 발전기가 운전한 경우 전원측으로 유효전력을 전달하여 부하에 필요한 전력의 일부를 부담하고, 유도발전기에 필요한 자속을 발생하기 위해서는 무효전력이 전원측에서 제공되어야 한다. 이런 경우 계통에서의 역률은 떨어지게 된다. 그림 2에서 화살표 방향은 전력의 흐름을 의미한다. 변전소에서의 무효전력은 모두 부하와 발전기에 공급되고, 변전소에서의 유효전력과 발전기에서의 유효전력은 서로 반대방향으로 부하에 공급하고 있다.



〈그림 2〉 전력 흐름도

유도발전기의 역률은 제작시 결정되며, 부하의 증감에 따라 변하지 않는다. 변전소에서 부하에 공급되는 전력을 공급할 경우 부하의 증감에 따라 역률이 달라진다. 이를 확인하기 위해 유도발전기가 운전하고 있는 조건하에서 부하의 역률은 일정하게 하고서 부하 용량의 변화에 따라 변전소측에서 역률의 변화를 분석하였다. 표 1에서 제시한 유도발전기의 유효전력 및 역률로부터 무효전력을 먼저 구한다. 그리고 부하의 증감에 따라 전력 및 역률 구하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다. 표 2에서 부하의 용량을 3000, 6000 및 15,000kVA의 3부분으로 크기 변화를 주었다.

<표 2> 부하증감에 따라 전력 및 역률

Load		유도발전기	변전소측
3,000 kVA	$P_L = 2,400\text{kW}$ $Q_L = 1,800kVAr$ $pf_L = 0.8$	$P_G = -1,500\text{kW}$ $Q_L = 1,008kVAr$ $pf_G = 0.83$	$P_S = 900\text{kW}$ $Q_S = 2,808kVAr$ $pf_S = 0.305$
9,000 kVA	$P_L = 7,200\text{kW}$ $Q_L = 5,400kVAr$ $pf_L = 0.8$	$P_G = -1,500\text{kW}$ $Q_L = 1,008kVAr$ $pf_G = 0.83$	$P_S = 5,700\text{kW}$ $Q_S = 6,408kVAr$ $pf_G = 0.665$
15,000 kVA	$P_L = 12,000\text{kW}$ $Q_L = 9,000kVAr$ $pf_L = 0.8$	$P_G = -1,500\text{kW}$ $Q_L = 1,008kVAr$ $pf_G = 0.83$	$P_S = 10,500\text{kW}$ $Q_S = 10,008kVAr$ $pf_S = 0.724$

표 2에 제시된 바와 같이 유도발전기는 항상 일정한 출력으로 운전하고 있다는 가정에서 유도발전기에 공급되어야 할 무효전력은 항상 일정하기 때문에 배전선로의 부하의 용량이 낮은 경우 변전소측에서는 무효전력에 비해 유효전력의 비중이 낮아 역률은 떨어진다. 그러나 발전기에서 공급받고 공급하는 유효 및 무효전력은 일정한데 비해 배전선로의 용량이 증가할 경우 무효전력에 비해 유효전력의 비중이 높기 때문에 역률이 향상됨을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 배전선로의 말단에 유도발전기를 설치하여 운전할 경우 발전기 자화에 필요한 무효전력은 전원측에서 제공받고, 발전기에 의해 생산된 유효전력은 배전선로에 제공하는 경우 역률의 변화를 부하용량의 증감에 따라 분석하였다.

유도발전기가 연결된 배전선로에서 부하의 증감에 따라 변전소측에서의 역률이 달라지는 것을 확인할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] 2012 New & Renewable Energy, MOKE & KEMCO

[2] Yong-kuk Kim, Jong-Gyeum Kim, "A Study on the Operation Characteristic of Induction Generator in the Small Hydropower Plant", KIEE, Vol. 62, No.5, pp.632-638, 2013. 05

[3] Yong-kuk Kim, Jong-gyeum Kim, Seung Hyun Lim, Young-Kwan Choi, "Study for selection of generator type in the small hydropower plant by analyzing the power flow of the distribution line the plant is connected", KIEE, EMECS Autumn Conference, 2012, 11

[4] K. S. Pankaj, J. P. Nelson, "Application Guidelines for Induction Generators," in Proc. International Conference on Electrical Machines and Drives, Milwaukee, Wisconsin, May 18-21, 1997, Paper WC1/5.1 - WC1/5.3.

[5] M. Godoy Simoes & Felix A. Farret, "Renewable Energy Systems-Design and Analysis with Induction Generators", CRC Press, 2004

[6] D. S. Henderson, "Synchronous or induction Generators? - The choice for small scale generation", IEE Conf, Pub, pp.146-149, 1996