

선박용 디젤 발전기 병렬운전 최적 운영방안에 관한 연구.

(Research on Optimal Operation Plan for Parallel Operation of Marine Diesel Generator)

백 권 후¹⁾, 최 동 건²⁾, 최 인 규³⁾, 김 태 규^{4)*}
(GwonHu Baek, DongGun Choi, InGyu Choi, and TaeKue Kim)

요약 : 본 논문에서는 선박용 디젤 발전기의 병렬운전 최적 운영방안에 관하여 논의하고자 한다. 여러 대의 디젤 발전기를 동기화하고자 할 때, 대상이 되는 발전기의 출력 주파수와 전압 등이 편차가 큰 상태에서 진행을 하게 되면, 기기 및 전력계통에 악영향을 초래할 수 있다. 그러므로 동기화 이전에 이러한 설정을 제대로 진행하여야 하나, 실제 현장에서는 운영자의 경험과 감각에 의존하고 있다. 본 논문에서는 실제 현장에서 단독운전을 통한 실험결과를 바탕으로, 각각 발전기의 속도조정률과 전압조정률 설정을 어떻게 하여야, 전력계통의 손상을 미치지 않고 효율을 극대화할 수 있는지에 대한 최적 운영방안에 대하여 논의하고자 한다.

핵심 주제어: 선박용 디젤 발전기, 속도조정률, 전압조정률, 무효순환전류

Abstract : In this paper, we discuss the optimal operation condition for parallel operating of marine diesel generators. When multiple diesel generators are synchronized, if the generators are synchronized while the output frequency and voltage of the generators are greatly different, the large difference in frequency and voltage can have a serious adverse effect on the electrical device and power system during this process. Therefore, optimized settings must be properly performed before the synchronization. However, in the actual field, it is highly dependent on the operator's experience and senses. In this paper, for the optimal performance in parallel operating, we discuss how to set the speed droop and voltage droop of each generator to maximize the efficiency without adverse effects on the power system based on experimental results through independent operation in the field.

Keywords : Marine diesel generator, Speed Droop, Voltage Droop, Reactive Circulating Current

* Corresponding Author: tkkim@changwon.ac.kr
Manuscript received May 12, 2023 / revised June 04,
2023 / accepted June 10, 2023

1) STX엔진 생산본부, 제1저자
2) 다운지능정보, 공동저자
3) 삼성테크전력, 공동저자
4) 창원대학교 전기공학과, 교신저자

1. 서론

디젤 발전기는 주로 전력인프라가 낙후된 산간 지역, 섬과 같은 소규모 발전 설비가 필요한 곳이나, 빌딩 또는 선박 등에서 비상용 전원으

로 사용된다. 특히, 선박과 같이 제한된 공간에서 비상전력으로 사용 시, 필요한 용량을 확보하기 위하여, 병렬운전을 통해 운영하는 경우가 대부분이다. 동기발전기의 경우 출력주파수는 엔진의 회전수에만 의존되므로 디젤 엔진의 경우 거버너라는 엔진 속도제어 장치의 성능에 의하여 전원주파수의 품질이 정해진다.

이러한 동기발전기의 출력주파수 제어는 거버너에 의해 제어되지만, 주파수 변화폭은 속도조정률에 의해 변화폭이 결정된다. 이런 변화폭의 크기에 따라 병렬운전 시 두 발전기의 변화폭이 다를 경우 두 발전기의 유효 전력은 서로 다른 차이를 나타낸다. (Seung-ho Yang et al. 2014).

그러나 출력전압의 경우에는 엔진의 회전수와 더불어 계자에서 발생하는 자속 및 전기자 전류에 의한 감자 작용의 크기에 의존하게 되므로 출력주파수를 제어하기보다는 출력전압을 제어해야 하는 어려운 측면이 있다. (Seung-ho Yang et al. 2014). 출력전압 제어는 AVR에 의해 제어되는 반면 출력전압의 변화폭은 전압조정률에 의해 변화되면 병렬운전 시 두 발전기의 출력전압의 크기가 다를 경우 무효전력과 횡류에 영향을 미치게 된다. 병렬운전 시 속도조정률과 전압조정률을 동일한 조건에서 연구가 된 적이 있고 실제 현장에서는 현재까지 동일한 조정률을 설정한 상태에서 자동 병렬운전을 진행한다. 하지만 현재 제시하는 논문의 내용에 관한 연구가 진행되지 않았고 이러한 실험적인 방법에 대한 운영방법이 없다. 실제 현장에서의 경험을 통해 디젤 발전기의 병렬운전 최적 운영이 가능하다는 것을 알고 있고, 병렬운전 이전에 각각 발전기의 단독운전을 통해서 실험데이터에 기반을 둔 최적 운영방안에 대한 방법 제시로 속도조정률과 전압조정률 제어 점을 설정하여 디젤 발전기 병렬운전의 최적 운영방안에 대해서 논의하고자 한다.

2. 제안하는 조정률 제어를 통한 최적 운영을 위한 실험결과 분석

2.1 최적 운전을 위한 단독운전 속도조정률 제어

본 실험에 사용된 발전기는 Table 1로 나타낼 수 있으며, 본 실험을 위해 3종류의 발전기를 대상으로 실험을 진행하였으며, Table 1에서 A, B, C의 차이는 각 발전기에 장착되는 조속기의 경우 유압식과 전자식으로 구분하여 실험하였고, AVR의 경우 아날로그 AVR과 디지털AVR로 구분하여 실험을 진행하였다.

따라서 저항 부하의 경우 6600V, 3300kW의 발전기와 450V, 2495kW 발전기를 대상으로 실험하였고, 임피던스 부하의 경우 450V, 1650[kW]의 발전기를 대상으로 실험하였다. 또한 A, B, C 조속기와 AVR은 Table 2.로 나타낼 수 있다.

조속기는 디젤 발전기 부하에 따라 속도를 유지하기 위한 장치이며, 조속기의 속도제어 방식에는 속도조정률 제어 방식과 Isochronous 운전 방식이 있다. 단독운전에서는 속도조정률 제어 방식과 Isochronous 운전 방식을 모두 사용하고 있지만, Isochronous운전 방식의 경우 고정된 주파수 제어로 인해 발전기의 속도를 변화시킬 수 없다. 이러한 이유로 병렬운전 중 특정 구간에서 부하가 역전되는 현상에 대해 보상을 할 수 없어 병렬운전에서는 사용되기 어렵다. 따라서 병렬운전에서는 속도조정률 제어 방식이 적절하다. 하지만, 속도조정률 운전 방식의 경우, 단독 운전을 통해서 적절한 설정 값이 선행되지 않으면 부하 이동이 급격하게 이루어져 발전기에 큰 충격을 주는 사고로 이어질 수 있다.

$$\%Droop = \frac{No\ Load\ Speed - Full\ Load\ Speed}{Rated\ Speed} \times 100 \quad (1)$$

속도조정률 대한 관계식은 식(1)과 같다. 저항 부하와 임피던스 부하에서 조정률 변화에 따른 유효전력 영향을 분석하기 위하여 주파수 변화에 따른 유효전력의 변화를 실험하였다.

Table 1 Experiment environment

Generator	Active power	Voltage	Generator	Governor	AVR
A Generator 1 Generator 3 Generator 4	1,650kW	450V	Military Diesel Engine ROK Navy 16V4000	Digital-Electric	Analog
B Generator 1 Generator 2	3,30 kW	6,600V	Medium Speed Marine AUX 7L 32/40	Digital-Electric	Digital
C Generator 1 Generator 3	2,495kW	450V	Medium Speed Marine AUX 8L 27/38	Mechanical-Hydraulic	Digital

Table 2 Frequency change in load resistance LOAD

3,300kW 6,600V		
Active power	Voltage	Frequency
3,301kW	6,569V	60.10Hz
3,301kW	6,569V	60.55Hz

그 결과 단독 운전에서 저항 부하를 적용하여 조정률 3%인 상태에서 주파수를 0.5[Hz] 상승시키더라도 유효전력은 변화하지 않는다는 것을 Table 2를 통해 알 수 있다.

Table 3 Frequency change in load impedance

1,650kW, 450V		
Active power	Voltage	Frequency
1,650kW	450V	60.00Hz
1,192kW	454V	60.50Hz
734kW	458V	61.00Hz

반면 임피던스 부하를 적용하여 주파수를 0.5 [Hz] 상승시키면 유효전력은 저항 부하와 비교할 때 458[kW]가 차이가 발생하는 것을 Table 3를 통해 알 수 있다. 그리고 이런 차이를 주파

수 특성 정수(K_G) 이용하여 계산할 수 있다.

속도조정률(Droop) 3%, 60[Hz], 4극, 1,650 [kW] 인, 디젤 발전기가 전력계통에 접속되었을 때 계통의 주파수가 갑자기 60.5[Hz]로 상승하면 발전기의 유효전력 변화는 식(2)을 통해 계산할 수 있다.

$$P_n : 1,650[kW], f_n : 60[Hz], \delta : 3[\%]$$

$$\delta = \frac{\frac{\Delta f}{f_n}}{\frac{\Delta P}{P_n}} \times 100 = \frac{\Delta f \times P_n}{\Delta P \times f_n} \times 100$$

$$= \frac{100 \times P_n}{K_G \times f_n} \Rightarrow K_G = \frac{100 \times P_n}{\delta \times f_n} \tag{2}$$

$$K_G = \frac{100 \times P_n}{\delta \times f_n} = \frac{100 \times 1650}{3 \times 60} = 916.7[kW/Hz]$$

$$K_G = \frac{\Delta P}{\Delta f} = 916 (\Delta f = 0.5[Hz])$$

$$\Delta P = 916.7 \times 0.5 = 458[kW]$$

발전기 병렬운전에서 주파수 0.5[Hz]의 상승은 발전기 유효전력에 영향을 미친다. 그러므로 저항 부하에서 단독운전은 유효전력의 변화가 없고, 임피던스 부하에서는 0.5[Hz] 주파수 상승에 따라 유효전력이 감소되었다. 전압조정률 영향을 제외한 상태에서 단독운전시 각 발전기 속

도조정률을 동일하게 설정하고 주파수 차이를 최소화하면 병렬운전을 진행할 때 발전기 효율을 높일 수 있음을 확인할 수 있다.

2.2 디젤 발전기 최적 병렬운전을 위한 전압 조정률 제어 실험

AVR(Automatic Voltage Regulator)은 디젤 발전기 전압을 일정하게 유지하기 위한 장치이다. AVR 내부에 설치된 전압조정률 장치를 이용하여 전압 변화폭을 제어하고, 변화폭에 따라 발전기의 전압 차가 발생한다. 이러한 전압 차이는 단독 운전에서는 영향이 없다. 그러나 병렬운전에서는 전압이 다른 경우 동기화 시 발전기에 순환전류가 흘러 무효 전력을 발생시킨다. 병렬운전 중 발생하는 무효 전력 영향을 확인하기 위해 첫 번째로 전압조정률이 같은 상태에서 저항 부하를 적용하여 실험을 진행하였다. 그 결과, 유효전력은 차이가 없다는 것을 Table 4와 Fig. 1을 통해 알 수 있으며, 디젤 발전기의 사양은 Table 1의 C와 같다. 이후 전압조정률이 다른 상태에서의 변화를 실험한 결과, 두 대의 발전기 출력 전압 차는 약 0.8V의 차이를 보이지만, 유효전력은 큰 차이를 나타내지 않았음을 Table 5와 Fig. 2를 통해 알 수 있고, 디젤 발전기의 사양은 Table 1의 C와 같다.

Table 4 Parallel operation test result of 4% Voltage Droop

Load	450V 2,495kW Droop 4%	Active power kW	Voltage V	Frequency Hz
100%	1 Gen'	2,505	448.7	59.5
	3 Gen'	2,489	447.9	59.5
75%	1 Gen'	1,873	449.0	60.0
	3 Gen'	1,868	448.2	60.0
50%	1 Gen'	1,252	449.2	60.5
	3 Gen'	1,223	448.5	60.5

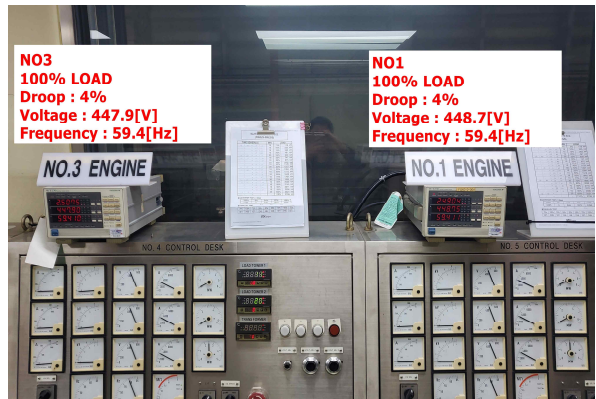


Fig. 1 Parallel operation test result of 4% Voltage Droop

Table 5 Parallel operation test result when voltage droop is different

Load	450V 2,495kW	Active power kW	Voltage V	Frequency Hz
100%	1Gen' 2% d'	2,480	448.8	59.4
	3Gen' 4% d'	2,491	448.0	59.4
75%	1Gen' 2% d'	1,875	449.2	60.0
	3Gen' 4% d'	1,876	448.4	60.0
50%	1Gen' 2% d'	1,251	449.5	60.5
	3Gen' 4% d'	1,223	448.7	60.5

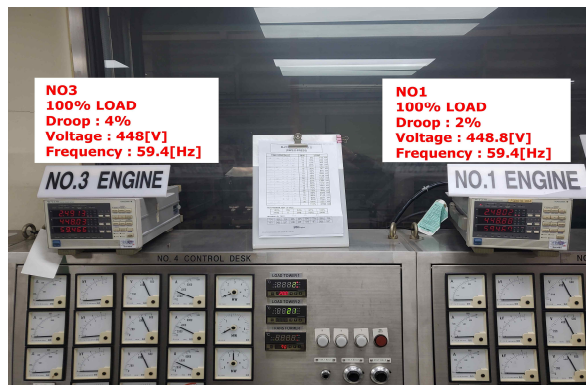


Fig. 2 Parallel operation test result when voltage droop is different

Table 6 Result of voltage droop 1.11% difference

Load	450V 1,650kW 0.8[P.F.]	Active power kW	Reactive power kvar	Reactive Voltage power load		
				V	difference kvar	%
100%	3 Gen'	1,657	1,285	450	37	2.9%
	4 Gen'					
75%	3 Gen'	1,250	1,001	453	8	0.8%
	4 Gen'					
50%	3 Gen'	843	632	456	13	2.1%
	4 Gen'					
	3.78% d'	832	645			

두 번째로 임피던스 부하에서 4번 발전기 전압조정률을 3.78%(17V)로 설정하고 3번 발전기의 조정률을 1.11%(5V) 낮게 설정한 상태에서 실험을 진행하였다. 그 결과, 유효전력은 차이를 보이지 않았지만, 무효 전력은 최저 0.8%에서 ~ 최대 2.9% 보이는 것을 Table 6를 통해 알 수 있고, 디젤 발전기의 사양을 Table 1의 A와 같다. 저항 부하에서 전압 차이는 유효전력에 영향이 없으며, 임피던스 부하에서는 1.11% 전압 조정률 차이에 의해 무효 전력은 변화를 보였다. 따라서 발전기 병렬운전에서 임피던스 부하 경우 전압조정률이 다르면 무효 전력의 변화폭도 증가하므로 이를 동일하게 유지해야 발전기 효율을 높일 수 있음을 알 수 있다.

3. 병렬운전 속도조정률과 전압 조정률에 대한 영향 평가

3.1 병렬 운전 시 속도조정률 차이에 따른 실험결과

디젤 발전기 조속기 속도조정률의 설정에 따라 단독 운전에서 속도조정률은 유효전력에 영향이 없지만, 병렬운전에서는 유효전력에 많은 차이를 나타낸다. 그러므로 본 실험을 통해 병렬운전에서 속도조정률 최적 운용 조건을 제시

하고자 한다.

Table 7 Parallel operation test results of 3% Speed Droop

Load	6600V, 3,300kW Droop 3%	Active power kW	Frequency Hz	Active power load difference	
				kW	%
100%	1 Gen'	3,334	59.6	34	1%
	2 Gen'	3,300	59.6		
75%	1 Gen'	2,492	60.0	41	1.7%
	2 Gen'	2,451	60.0		
50%	1 Gen'	1,645	60.6	11	1.4%
	2 Gen'	1,665	60.6		

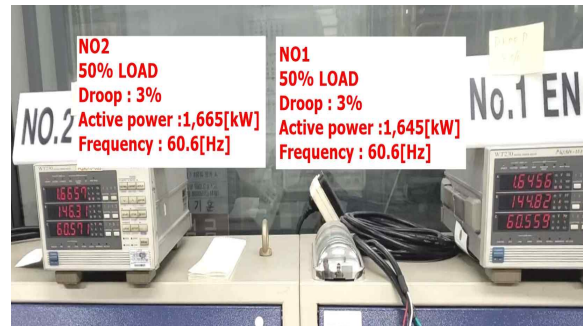


Fig. 3 Parallel operation test results of 3% Speed Droop

Table 8 Parallel operation test results in other cases of Speed Droop

Load	6600V, 3,300kW	Active power kW	Frequency Hz	Active power load difference	
				kW	%
100%	1 Gen'	2,738	59.8	576	21%
	2 Gen'				
75%	1 Gen'	2,405	60.0	64	2.7%
	2 Gen'				
50%	1 Gen'	1,805	60.4	1,284	246.5%
	2 Gen'				
	Droop 1%	521	60.4		

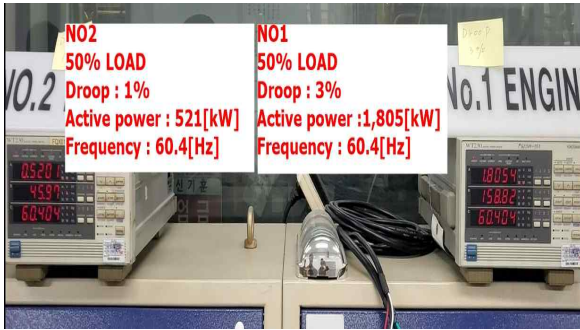


Fig. 4 Parallel operation test results in other cases of Speed Droop

디젤 발전기 병렬운전 실험을 위해 두 대의 발전기에 속도조정률이 같은 상태에서 저항 부하를 적용하여 실험을 진행하였다. 그 결과, Table 7과 Fig. 3을 통해 유효전력은 최저 1%에서 최대 1.7%까지 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이후, 속도조정률 조건을 다르게 둔 상태에서 실험을 진행 결과, 2% 조정률의 차이로 인해 유효전력의 변화가 발생하였고, 결과 값은 Table 8과 Fig. 4에서 보는 바와 같이, 유효전력은 최저 576[kW]에서 최대 1,284[kW]까지 차이가 발생했다.

여기서 Table 7과 Table 8의 디젤 발전기의 사양은 Table 1의 B와 같다.

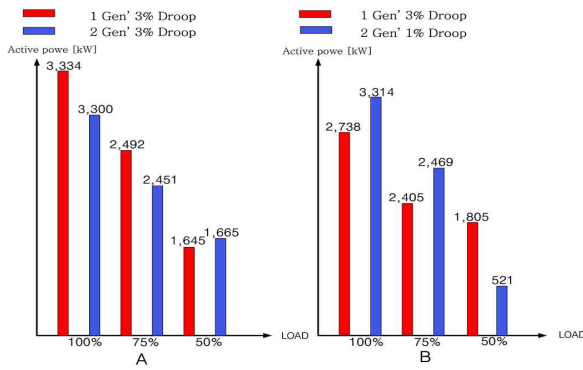


Fig. 5 Output change graph according to droop change

Table 7 와 8의 데이터를 그래프로 나타내면 Fig. 5과 같다. Fig. 5의 그림 왼쪽 A는 조정률이 같은 상태에서 유효전력의 변화이고, Fig. 5

의 우측 B는 속도조정률이 다른 상태 유효전력의 변화이다. 이처럼 B그래프와 같이 속도조정률 차이에 따라 유효전력은 100% 부하에서 1번 발전기와 비교할 때, 2번 발전기는 576[kW]의 높은 유효전력을 나타내고 있으며, 반면 50% 부하에서 2번 발전기와 비교할 때, 1번 발전기가 1,284[kW]의 높은 유효전력을 나타내고 있다.

임피던스 부하에서는 두 대의 발전기 속도조정률을 0.17%(0.1[Hz]) 차이를 두고 실험한 결과, 유효전력은 최저 0.4%에서 최대 1.4% 차이가 나타났으며, 그 값은 Table 9를 통해 알 수 있고, 디젤 발전기의 사양은 Table 1의 A와 같다. 따라서 본 실험결과를 통해 저항 부하와 임피던스 부하에서 속도조정률 차이는 유효전력 변화를 나타내며, 이러한 차이를 최소화하기 위하여 Table 7과 같이 속도조정률을 동일하게 설정하여 병렬운전을 진행하면 최적 운용 조건이 될 수 있다.

Table 9 Result of speed droop 0.17% difference

Load	450V 1,650kW 0.8 P.F	Active power kW	Frequency Hz	Active power load difference	
				kW	%
100%	2.83% d'	3 Gen'	60.0	7	0.4%
		4 Gen'			
75%	2.83% d'	3 Gen'	60.4	10	0.8%
		4 Gen'			
50%	2.83% d'	3 Gen'	60.7	11	1.4%
		4 Gen'			

디젤 발전기 병렬운전을 위한 마지막 조건으로 두 시스템간의 주파수가 동일하거나 주파수 차이가 0.2% 이내로 제한되어야 한다. 만약 두 발전기간의 주파수가 일치하지 않으면 위상이 일

치하지 않는 시간이 생기게 되어 두 발전기 사이에 동기화 전류가 교대로 주기적으로 흐르게 된다.(Kyungho Koh et al. 2003) 이처럼 선행 연구자들의 연구에 따르면 0.2%로 제한되어야 한다는 연구 발표가 있지만, 디젤 발전기 자동 동기화 제어 장치의 사고 등으로 수동 동기화를 진행해야 하는 경우가 발생할 수 있고, 이때 속도조정률이 다른 디젤 발전기를 수동 동기화를 진행할 경우 속도 조정률 차이가 Fig. 4처럼 2% 차이에 따라 유효전력은 큰 차이를 나타낸다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 디젤 발전기의 병렬운전 최적 운영의 필요성을 느꼈고 타당성을 검증하기 위하여 본 연구를 진행하였다. 그 결과, 두 대의 발전기 속도조정률 차이가 계통의 주파수보다 병입되는 발전기보다 낮은 경우 역기전력 등의 발생에 따른 문제점이 발생할 수 있으며, 주파수가 동일한 상태에서 병렬운전을 진행할 경우 동기화 실패에 따른 발전기의 손상을 줄 수 있기 때문에, 발전기는 최소 0.17% 이내가 최적 운영 조건이라는 것을 본 연구를 통해 알 수 있다.

3.2 전압 조정률 차이에 따른 실험한 결과

본 연구를 통해 병렬운전 중 저항 부하에서 출력 전압 차이에 따라 유효전력과 무효 전력 변화가 크지 않다는 것을 확인하였다. 따라서 전압조정률 차이에 따른 실험을 임피던스 부하만을 적용하여 진행하였으며, 그 결과, 두 대의 발전기를 동기화시킬 때 전압이 다른 경우 순환 전류가 필연적으로 발생하며, 순환전류는 무효 전력 성분과 유사하여 전력계통에서 전체의 손실과 직결되어, 연계된 기기의 손상으로 이어질 수 있으므로, 무효 전력을 최소화하는 방법을 본 연구의 실험결과를 통해 제시하고자 한다.

임피던스 부하 조건에서, 4번 발전기 전압조정률을 3.78%(17V)로 설정하고 1번 발전기의 조정률을 0.22%(1V) 높게 설정한 상태에서 실험한 결과, 유효전력은 최저 3.3%에서 최대 4.8% 차이를 보였으며, 무효 전력은 최저 1.3%에서 최대 8%의 차이를 보였고, 그 결과는 Table 10을 통해 알 수 있으며, 디젤 발전기의

사양을 Table 1의 A의 1, 4번 발전기를 대상으로 실험하였다. 이는 Table 7과 차이를 알기 위해 4번 발전기를 기준으로한 상태에서 진행하였다. 이러한 전압조정률 변화에 따라 유효전력과 무효 전력의 변화를 확인한 결과, 2.2절에서 전압조정률을 1.11% 낮게 설정한 실험결과와 비교할 때, 전압조정률 변화폭이 4%(18V) 이상에서 무효 전력의 차이가 크다는 것을 실험을 통해 알 수 있다. 그리고 본 실험에서 역률이나 선로의 임피던스 성분을 최소화한 상태에서 진행하였으므로 차이는 크게 나타나지 않았다. 하지만, 선로 길이가 길어지거나, 역률이 변화하면 무효 전력의 차이가 클 것으로 예측된다. 따라서 단독 운전에서 전압조정률을 3%(13.5V) 이내로 설정해야 동기화 시 발생하는 무효 전력을 최소화할 수 있고, 그로 인해 전력 효율을 향상할 수 있다

Table 10 Result of voltage droop 0.22% difference

450V Load	Active power	Reactive power	Active power load		Reactive power load		
			difference	difference	difference	difference	
1,650kW 0.8 P.F	kW	kvar	kW	%	kvar	%	
100%	1 Gen'	1,678	1,205	53	3.3%	96	8.0%
	4 Gen' 3.78% d'						
75%	1 Gen'	1,282	1,026	47	3.8%	37	3.8%
	4 Gen' 3.78% d'						
50%	1 Gen'	860	644	39	4.8%	8	1.3%
	4 Gen' 3.78% d'						

4. 결 론

본 논문에서 속도조정률 차이에 따라 두 대의 발전기 유효전력의 편차를 최소화하는 방법 및 전압조정률 차이에 따라 병렬운전 시 발생하는

무효 전력의 최소화 방법을 제시하였고, 제시한 방법의 타당성을 검증하기 위해 실험을 통하여 최적 운용 조건을 확인하였다. 속도조정률은 기동 특성 및 부하 특성을 고려하여 약 3% (61.8[Hz])~ 5% (63[Hz]) 가 바람직하나 3% 이상에서는 부하의 편차가 많이 발생하므로, 3% 이내에서 설정하고 두 대의 발전기 조정률 차이는 60[Hz] 기준으로 0.68%(0.4[Hz]) 이내에서 설정하여야 하며, 전압조정률 설정 값의 차이는 최대 3%(13.5V)를 넘지 않아야 하고, 두 발전기의 전압은 450V 기준으로 0.25% (1V) 이내가 적당하다. 따라서 두 발전기의 속도조정률의 차이는 0.17% 이내, 전압조정률 차이는 0.25% 이내로 설정하여 병렬 운전해야 최적 운용 조건이라는 것을 본 실험을 통해 알 수 있다. 이로 인해 두 대의 발전기 유효전력 편차가 최소화되면서 주파수 제어 장치의 신뢰성을 확보할 수 있고, 무효 전력이 감소하여 전력손실을 줄일 수 있다.

References

Dong-hwan Yoo, Choon-han Hwang, Sang-hoon Park, Jae-seong Yoo, Sang-seok Lee, Choong-yeon Won(2007). 1MVA synchronous generator control for vessel used for digital AVR of drop method. Journal of the Korea Lighting and Electrical Equipment Society Autumn Conference. pp.225-229

Jong-an Kim, Chang-ki Jeong, Power Research Lab, Electric Power Research Institute (2001). Synchronous generator system feed-in operation conditions and actual circuit configuration. Journal of the Summer Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers. pp.2060-2062

Kyungho Koh, Hyunmin Kim (2003). A Design on the Parallel Operation Control System of Diesel Generator Using DSP Processor. Journal of the Korea Korean Society of Marine Engineering, Spring Conference Proceedings.

297-301

Seung-ho Yang (2014). A Study on the Development of Digital AVR for Synchronous Generator. Master's thesis, Graduate School of Engineering, Hanyang University. pp.4-15

Se-jin Oh, Hyeon-soo Kim, Seong-hwan Kim (2001). A Study on Interpretation of Transient Phenomenon During Parallel Operation of Alternators. Doctoral Dissertation. Journal of the Korea Maritime and Ocean University Department of Marine Electrical and Mechanical Engineering. pp.1065-1068

Wook-sang Park, Ho-shin Song(2002). Study on Parallel Operation Controller of Diesel Generator. Journal of the Korean Electrical Society Summer Conference, 2140-2142



백 권 후 (GwonHu Baek)

- 준회원
- 평생교육진흥원 전기공학과 공학학사
- 창원대학교 전기전자제어공학부 전기공학과 공학석사
- 창원대학교 메카트로닉스공학부 전기공학과 공학박사 수료
- STX엔진 생산본부 특수 시운전팀 사원
- 관심분야: 비상발전기, 에너지 변환 시스템



최 동 건 (DongGun Choi)

- 준회원
- 숭실사이버대학교 ICT공학과 컴퓨터공학전공 공학사
- 창원대학교 메카트로닉스공학부 전기공학 공학석사
- 창원대학교 메카트로닉스공학부 전기공학과 공학박사 수료
- (현재) ㈜다운지능정보 대표이사
- 관심분야: 지능정보 전력시스템



최 인 규 (InGyu Choi)

- 준회원
- 한양대학교 사이버대학 전기공학 학사
- 창원대학교 메카트로닉스공학부 전기공학 공학석사
- 창원대학교 메카트로닉스공학부 전기공학과 공학박사 수료
- (현재) ㈜삼성테크전력 이사
- 관심분야: 전력시스템



김 태 규 (TaeKue Kim)

- 정회원
- 창원대학교 전기공학과 공학사
- 창원대학교 전기공학과 공학석사
- 창원대학교 전기공학과 공학박사
- (현재) 창원대학교 메카트로닉스대학 전기공학과 조교수
- 관심분야: 신호처리시스템, 전력제어시스템, 전동기제어