

전압안정도를 고려한 경제적인 발전가능전력의 산정알고리즘에 관한 연구

論文

55A-12-5

A Study on Assesment Algorithm for the Economical Generation Capability considering Voltage Stability

文 炜 鎬* · 李 種 柱* · 尹 昌 大* · 安 비 오** · 崔 相 烈*** · 申 明 澈†
(Hyun-Ho Moon · Jong-Joo Lee · Chang-Dae Yoon · Pius Ahn · Sang-Yule Choi · Myong-Chul Shin)

Abstract - This paper uses Monte Carlo technique, which is one of probabilistic methods of estimating the economical quantity of electric power generation in consideration of voltage stability in the aspect of power generation companies. In the power exchange system in Korea, when power generation companies participate in tenders for power generation capacity at the power exchange, they need to determine their power supply capacity considering the stability of electric power system. Thus, we purposed to propose an algorithm for estimating economical power generation capacity in the aspect of power generation companies, through which we can estimate the margin for voltage stability through P-V curve analysis by capacity according to the change of power generation capacity in a simulated system and to conduct Monte Carlo simulationin consideration of the margin

Key Words : Generation Capability, Voltage Stability, Voltage Stability Margin, Monte carlo

1. 서 론

우리나라의 전력계통은 전력산업구조개편에 따라 발전부분이 6개의 발전회사로 분류되어 전력거래소를 중심으로 경쟁을 유도하는 전력시장을 운영하고 있다. 이러한 전력산업구조개편을 전기안전 확보라는 측면에서 볼 때 경쟁체제를 통해 전력공급의 효율성을 높이고 장기적으로' 값싸고 안정적인 전력공급과 소비자에 대한 서비스를 향상 시킬 수 있을 것으로 기대되지만 반면에 민영화를 추진하는 주된 사유가 경쟁을 통한 생산성 향상에 있는 만큼 경우에 따라서는 각 발전회사는 외형상의 성과위주의 경영 즉 수익창출에 몰입함으로써 안정서 및 신뢰성 확보를 위한 안전에 관한 투자가 소홀히 될 우려가 예상되고 발전정지 사고 등 안전사고에 대해 내부적으로만 처리하려는 경향이 발생하여 발전회사간의 정보공유의 단절이 예상된다[1][2].

현재 발전량에 대한 예측은 분야별 실무위원회를 통하여 장기전력수요예측, 설비계획기준검토 등의 회의를 거쳐 GDP, 주택보급률, 연료비, 운영비 등을 고려한 수요예측단계 후 공급신뢰도, 할인율, 환율, 연료비, 운영비 등을 고려한 계획수립기준정립단계를 통하여 산정된다[3] 이러한 여러 가지 변수를 통한 발전량에 대한 예측을 매우 복잡하게 이루어져 있다.

따라서 본 논문에서는 발전회사측면에서 전압안정도를 고려한 경제적 발전전력 산정을 위하여 확률론적인 방법 중 하나인 몬테카를로 기법으로 우리나라전력거래 체계에서 발전회사가 전력거래소의 발전가능용량 입찰에 참여 할 때 최대이익을 얻을 수 있는 전력계통의 안정성을 고려한 공급가능전력의 선정알고리즘을 제시하였다. 이에 모의계통에서의 발전용량 변화에 따른 용량별 P-V곡선 해석을 통하여 전압안정도여유를 산정하고 이를 고려한 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하여 발전회사가 현재 우리나라의 전력거래방식인 공개입찰방식에 참여 할 때 계통의 안정도를 고려하며 회사의 이익을 증대시킬 수 있는 발전회사 측면의 경제적인 발전가능전력 산정알고리즘을 제시하였다.

2. 전력시장의 운용

2.1 발전회사의 발전기 운용

세계 각 선진국들은 경쟁과 선택이라는 시장원리를 전력산업에 도입하는 전력산업 구조개편과 이에 따른 민영화를 진행하고 있으며 우리나라에서도 현재 6개의 발전회사와 전력시장을 구성하는 전력거래소가 설치 운영되고 있다.

현재 우리나라의 발전소에서 생산되는 전력의 거래방식은 한국전력거래소(KPX: korea power exchange)를 중심으로 공개입찰방식을 통하여 거래되고 있다. 전력거래소가 운영하고 있는 전력시장은 발전소에서 생산한 전기를 판매하기 위해 한 곳으로 모은다는 의미에서 폴(Pool)이라고도 부른다 [3]. 다음 그림 1은 현재 우리나라의 전력거래 절차를 나타내고 있다.

* 교신저자, 正會員 : 成均館大學校 情報通信工學部 教授,
成均館大學校 副總長

E-mail : mcschin@ece.skku.ac.kr

* 正 會 員 : 成均館大學校 情報通信工學部 博士課程

** 正 會 員 : 中小企業振興公團 科長

*** 正 會 員 : 仁德大學 情報메카트로닉스科 專任講師

接受日字 : 2006年 8月 27日

最終完了 : 2006年 10月 14日

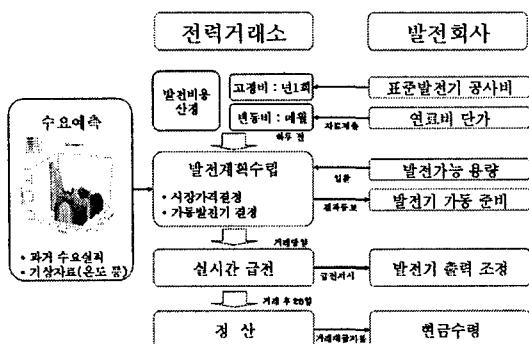


그림 1 전력거래 절차

Fig. 1 Process of Power exchange

2.2 전압안정도

전력산업 구조개편에 따라 발전회사는 회사의 이익을 고려한 경제적인 발전전력량을 예상하여 전력거래소의 공급가능전력입찰에 참여하게 되고 입찰에 낙찰되었을 때 낙찰된 전력을 공급하며 이때 발전회사는 계통의 안정도 또한 고려하여 발전기를 운용해야 한다.

이에 고려되는 전압안정도란 계통의 모선전압이 정상상태 이거나 혹은 외란이 발생한 이후에도 수용할 수 있는 정상적인 전압을 유지할 수 있는가 하는 전력계통의 능력을 말하며 이와 같은 전압안정도의 판별을 위하여 전압안정도 여유(Voltage Stability Margin)값을 계산하며 이 값은 전력계통의 전압안정도를 해석하는데 중요한 자료로써 그림 2에서와 같이 현재운용점(Operating Point)과 임계점사이의 거리를 말한다[4].

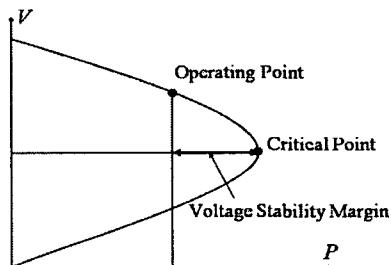


그림 2 전악안정도 여유

Fig. 2 Voltage Stability Margin

2.3 몬테카를로 기법

몬테카를로기법은 시뮬레이션 방법들 중 하나로 구하고자 하는 수치의 확률적 분포를 반복 가능한 실험의 통계로부터 구하는 방법으로서, 계산식이나 함수를 이용하여 해석적 또는 수치적으로 해를 얻기 어렵거나 불가능한 문제를 난수를 사용하여 빠르게 근사 값을 찾는 방법이다[5].

실제로 목표의 값을 정확히 구하기 위해서는 여러 가지 수학적 공식 등 다양한 배경 지식을 바탕으로 알고리즘을 만들어 그 값을 계산해야 하지만, 몬테카를로법은 그런 모든 절차와 관계없이 시뮬레이션을 통하여 비교적 정확한 수치의 결과를 얻을 수 있다[6].

3. 경제적 공급가능전력 산정시뮬레이션

발전회사 측면에서 현재의 전력거래소 중심의 공개입찰방식에 참여 할 때 회사의 이익을 증대시킬 수 있는 발전용량과 계통의 전압안정도를 고려한 발전용량의 산정 위하여 그림 3과 같이 난수를 이용한 확률적기법인 몬테카를로 시뮬레이션을 구현하였다.

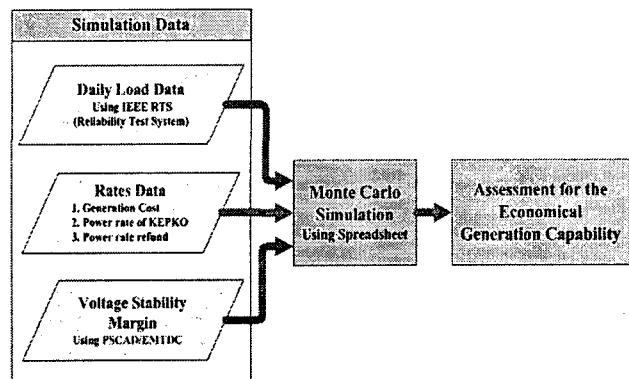


그림 3 시뮬레이션 순서도

Fig. 3 Simulation Diagram

3.1 시뮬레이션 데이터

몬테카를로기법은 확률론적 방법으로써 사용되어지는 변수가 객관적인 데이터로 구성되어 있어야 결과 값에 대한 신뢰도가 높아진다. 본 논문에서 발전회사 측면에서 전압안정도를 고려한 경제적 공급가능전력을 산정하기 위해서 사용하는 시뮬레이션 데이터는 일일부하량을 기초로 계산된 확률분포와 발전, 판매비용과 같은 시뮬레이션 변수, 전압안정도를 고려한 여유발전 전력량이 있다.

3.1.1 계절별 확률분포

몬테카를로 시뮬레이션을 위해서는 입력 값의 확률분포가 매우 중요하다. 몬테카를로기법은 확률론에 기초를 둔 기법으로써 입력 값의 확률분포는 시뮬레이션의 결과 값에 많은 영향을 줄 수 있다[5][6]. 이 때문에 입력 값의 확률분포는 객관적인 데이터를 근거로 하여 작성하는 것이 결과 값의 신뢰도를 향상 시킬 수 있다.

확률분포를 계산하는데 사용된 일일부하량은 IEEE RTS (Reliability Test System)의 계절별 부하량이고 다음의 표 1은 IEEE RTS에서 사용하는 계절별 일일부하량의 평균값을 나타내며 각각의 계절에 대한 분류는 봄(3월~6월), 여름(7월~8월), 가을(9월~11월), 겨울(12월~2월)로 나눈다.

다음 표 2는 위의 일일부하그래프를 기초로 발전전력량을 5[kW] 단위로 구분 후 각 전력량별 확률분포를 계산한 자료이다. 가동시간은 전력량별로 운전되는 발전기의 시간의 합을 말하고 확률은 전체시간(24시간) 대비 발전기가 동시에 계산하였고 계산식의 편의를 위하여 소수점 이하 2번쨰 자리까지 표현하였다.

표 1 IEEE RTS 일일부하데이터
Table 1 IEEE RTS Daily Load data

시간[Hour]	경 울[kW]	여 름[kW]	봄/가을[kW]
24-1	67	64	63
1-2	63	60	62
2-3	60	58	60
3-4	59	56	58
4-5	59	56	59
5-6	60	58	65
6-7	74	64	72
7-8	86	76	85
8-9	95	81	95
9-10	96	95	99
10-11	96	99	100
11-12	95	100	99
12-13	95	99	93
13-14	95	100	92
14-15	93	100	90
15-16	94	97	88
16-17	96	96	90
17-18	100	96	92
18-19	100	93	96
19-20	96	92	98
20-21	91	92	96
21-22	83	93	90
22-23	73	87	80
23-24	63	72	70

표 2 발전전력량별 확률분포
Table 2 Probability Distribution by Generation Capability

발전 전력량 (kW)	가동시간(hour)			확률(%)			누적 확률(%)		
	겨울	여름	봄/가을	겨울	여름	봄/가을	겨울	여름	봄/가을
60	4	5	3	0.17	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00
65	2	2	3	0.08	0.08	0.13	0.17	0.21	0.13
70	1	0	1	0.04	0.00	0.04	0.25	0.29	0.25
75	2	1	1	0.08	0.04	0.04	0.29	0.29	0.29
80	0	1	1	0.00	0.04	0.04	0.38	0.33	0.33
85	1	1	1	0.04	0.04	0.04	0.38	0.38	0.38
90	1	1	3	0.04	0.04	0.13	0.42	0.42	0.42
95	7	5	5	0.29	0.21	0.21	0.46	0.46	0.54
100	6	8	6	0.25	0.33	0.25	0.75	0.67	0.75

3.1.2 부하변동별 확률분포

부하의 소폭의 변화에 따른 결과 값의 변화를 알아보기 위하여 표 3과 같이 계절별로 3가지의 경우를 만들었으며 우선 예측부하량 전체를 각각 1씩 증가 감소 시켜 각각 CASE I과 CASE II를 작성하였고 다른 하나는 각 계절의 특성을 고려하여 겨울은 밤과 새벽시간을 1씩 증가 시키고 낮 시간은 1씩 감소시켜 CASE III를 작성하였고 여름의 낮 시간 냉방장비가동의 고려하여 낮 시간의 부하량을 1씩 증가시켜 데이터를 작성하였다. 그리고 봄/가을의 경우는 낮 시간의 부하량을 증가시켜 CASE III를 작성하였다.

표 3 발전전력량별 확률분포

Table 3 Probability Distribution by Generation Capability

발전 전력량 (kW)	겨울(%)			여름(%)			봄/가을(%)		
	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA
	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
I		II	III	I	II	III	I	II	III
60	0.08	0.17	0.17	0.17	0.21	0.17	0.08	0.13	0.13
65	0.17	0.08	0.08	0.13	0.08	0.13	0.13	0.13	0.13
70	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00
75	0.08	0.08	0.08	0.04	0.08	0.04	0.08	0.04	0.08
80	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.00	0.04	0.00
85	0.04	0.08	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04	0.04	0.08
90	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.17	0.25
95	0.13	0.42	0.25	0.17	0.33	0.21	0.25	0.25	0.13
100	0.42	0.08	0.29	0.38	0.21	0.33	0.29	0.17	0.21

3.1.3 최대이익 산정 변수

최대이익을 산정하기 위하여 사용된 변수는 객관적인 자료사용을 위해서 현재 우리나라에서 발전부분과 판매 부분을 이어주는 전력거래소의 자료와 전기를 판매하고 있는 한국전력 전기요금 자료를 사용하였다. 다음의 표 4, 5, 6은 각각 발전단가표, 전기요금표, 전기요금손해 단가표이다.

표 4 2005 상반기 평균 발전단가표[3]

Table 4 The Average Generation Cost of the 1st Half in 2005

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	평균 발전 단가
발전단가 (원/kWh)	52.98	50.9	50.67	47.46	47.69	48.96	49.78

표 5 2005 한국전력 전기 요금표(저압전력 일반용)[7]

Table 5 The Power rate of KEPCO in 2005
(In General use of low Voltage)

구분	기본요금 (원/W)	전력량 요금(원/kWh)		
		겨울 (10~3월)	여름 (7~8월)	봄/가을 (4~6,9월)
저압전력	5,170	64.90	91.60	61.00

표 6 전기요금 손해단가표

Table 6 The table for the Power rate refund

겨울	여름	봄/가을
환불단가(원/kWh)	15.12	41.82

3.1.4 전압안정도 여유 산정

시뮬레이션에 반영된 전압안정도 여유 값은 전력계통의 상태해석 및 고장해석에 사용되는 PSCAD/EMTDC (이하 PSCAD)를 사용하여 P-V곡선을 도출해 내었고 도출한 P-V곡선의 해석을 통하여 전압안정도 여유를 산정하였다.

본 논문에서 모의된 모의계통의 개념도는 아래의 그림 4와 같다.

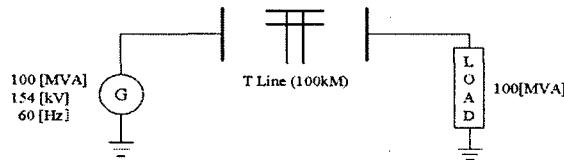


그림 4 모의 계통 모델

Fig. 4 System Model

다음 그림 5는 본 논문에서 PSCAD를 사용하여 모의한 프로그램이며 그림 6은 부하변동에 따른 송전전압과 수전전압의 변동과 이에 따른 전력량의 변화를 표현하고 있고 그림 7은 모의계통의 P-V곡선을 나타낸다.

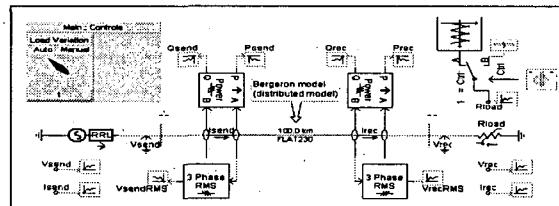


그림 5 PSCAD/EMTDC로 모의한 2BUS-System

Fig. 5 2BUS-System Simulated in PSCAD/EMTDC

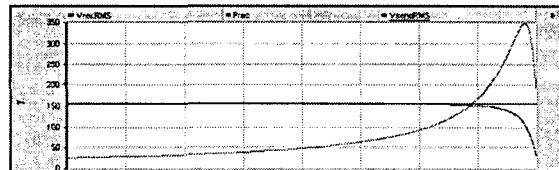


그림 6 PSCAD/EMTDC로 모의한 전압 전력 곡선

Fig. 6 Voltage and Power Curve in PSCAD/EMTDC

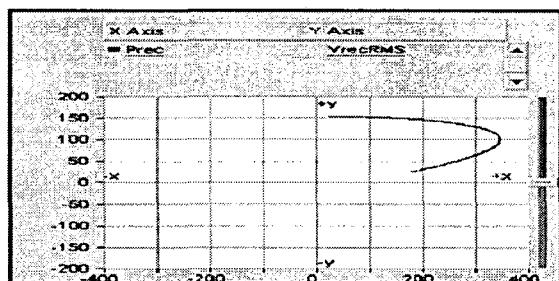


그림 7 PSCAD/EMTDC로 모의한 P-V 곡선

Fig. 7 P-V Curve in PSCAD/EMTDC

위와 같은 방법으로 발전전력량별 전압안정도여유를 산정하기 위하여 발전전력량을 60[kW]~100[kW]까지 5[kW]씩 증가시키며 수전단 부하량 또한 발전전력량과 같이 증가시키며 시스템을 모의하였다. 그림 8은 각 발전전력량별 P-V곡선을 나타내며 향후 몬테카를로 시뮬레이션의 기초자료인 전압안정도 여유를 산정하기 위하여 사용된다.[8]

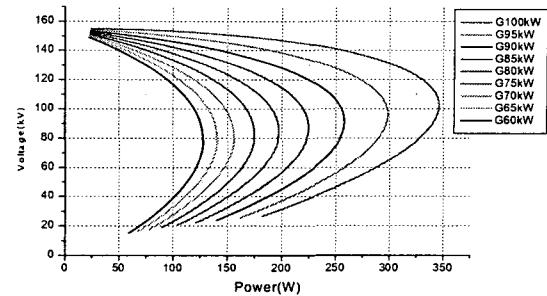


그림 8 발전 전력량별 P-V곡선

Fig. 8 P-V Curve by various Generator Capability

시뮬레이션을 통하여 얻어진 발전전력량별 P-V곡선 데이터를 분석하면 현재운용전압과 임계전압을 알 수 있으며 고장에 대비한 전압안정도확보를 위하여 전압안정도 한계전압을 가정하였다. 가정한 전압은 현재운용전압에서 10[kV] 전압강하가 일어난 전압 값을 말한다. 표 7의 여유생산전력은 현재운용전압과 전압안정도 한계전압의 전력 값의 차이를 말하며 P-V곡선을 해석하여 산정하였다.

여유생산전력은 계통의 운영 시 계통의 부하량이 증가하거나 고장이 발생하여 전압 값의 변동이 있을 때 이를 보상하기 위하여 기본 발전전력량 외에 여유로 생산되는 전력량이라 할 수 있다. 표 7은 시뮬레이션을 통하여 산정한 현재운용전압, 전압안정도 한계전압, 여유생산전력을 나타내었다. 여유생산전력은 몬테카를로 시뮬레이션에서 전압안정도를 고려하기 위한 값으로 사용되어진다.

표 7 발전전력량별 전압안정도 분석 데이터

Table 7 Data for Voltage Stability analysis according to different Generator Capability

발전전력량(kW)	현재운용전압(kV)	전압안정도한계전압(kV)	여유생산전력량(kW)
60	109	99	1
65	114	104	1.3
70	120	110	1.7
75	124	114	2.2
80	130	123	2.7
85	134	124	3.6
90	140	130	5
95	146	136	6.9
100	151	141	9.8

3.2 몬테카를로 시뮬레이션

몬테카를로 시뮬레이션을 통하여 발전회사가 현재 전력거래방식인 공개입찰에 참여하기 전 전력거래소에서 제공하는 부하예측량을 기초로 전압안정도 여유 값을 고려한 발전전력량별 이익 금액을 산출하여 경제적으로 최대이익을 얻을 수 있는 경제적인 공급가능전력을 산정하는 알고리즘을 제시하였다.

다음 그림 9는 전압안정도를 고려한 몬테카를로 시뮬레이션의 Flow Chart이다.

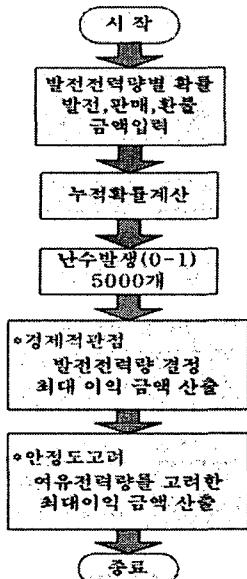


그림 9 PSCAD/EMTDC로 모의한 P-V 곡선

Fig. 9 P-V Curve in PSCAD/EMTDC

시뮬레이션의 입력 값은 전력거래소와 한국전력의 데이터를 기초로 작성한 생산비용, 판매비용, 환불금액과 일일부하데이터를 통하여 얻어진 용량별 확률이다.

시뮬레이션은 0-1 사이의 5000개의 난수가 발생시켜 0-1 사이의 값으로 표현된 누적확률과 비교하여 예상판매량을 예상한다. 난수가 5000개이므로 예상판매량도 5000개가 되어 정해놓은 생산량과 예상판매량의 차이로 수익을 산출 할 수 있고 판매되어지고 남은 값은 환불금액을 더하여 이익금액을 계산한다. 5000 난수에 대하여 이득금액이 결정되고 5000개의 이익금액의 평균으로 평균이익금액이 산정된다. 또한 각 발전전력량별로 시뮬레이션을 반복하여 발전전력별 이익금액이 산정되고 이 값을 비교하여 최대이익을 얻을 수 있는 발전전력량을 산정 할 수 있다.

3.2.1 계절별 몬테카를로 시뮬레이션

계절별 안정도를 고려한 경제적 발전가능 전력을 산정하기 위하여 계절별 일일부하데이터를 해석한 누적확률과 전력거래소와 한국전력자료를 통한 발전비용, 판매비용, 환불비용 데이터를 기반으로 5000개의 난수를 발생하여 몬테카를로 시뮬레이션을 실행하여 계절별 최대이익을 발생하는 경제적 발전전력산정을 실행하였고 여유생산전력을 고려하여 안정도를 고려한 발전전력을 산정하였다.

3.2.2 부하변동별 몬테카를로 시뮬레이션

예측되어진 부하와 실제 운용되는 부하의 크기가 변동하는 경우를 알아보기 위하여 부하변동별 누적확률과 전력거래소와 한국전력자료를 통한 발전비용, 판매비용, 환불비용 데이터를 기반으로 계절별 몬테카를로 시뮬레이션과 동일한 5000개의 난수를 발생하여 시뮬레이션을 실행하여 예측된 부하량과 실 계통에서 나타나는 부하량의 차이가 나타날 경우에 따른 경제적 발전전력량을 비교분석하였다

4. 결과 및 고찰

4.1 계절별 시뮬레이션 결과

다음의 그림 10, 11, 12는 시뮬레이션을 통해 얻어진 계절별 시뮬레이션의 결과 값으로 전압안정도를 고려하기 전의 최대이익금액(Profit1)과 전압안정도를 고려한 후에 최대이익금액(Profit2)을 비교하여 전압안정도 고려전은 흑색그래프로 표현하고 고려한 후의 그래프는 사선막대그래프로 표현하고 있다. 표 8 용량별 이득금액을 나타내는 표로써 최대이익을 산출한 발전전력량과 최대이익금액의 5%이내의 금액은 경제적 구역으로 보아 최대이익을 산출하는 발전전력량과 경제적 운영이 가능한 발전전력량의 범위를 나타낸다.

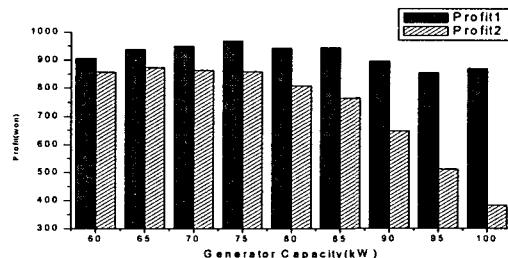


그림 10 시뮬레이션 결과 비교 그래프(겨울)

Fig. 10 Comparisons of the Simulation Results(Winter)

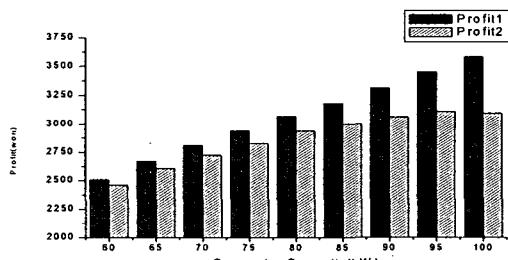


그림 11 시뮬레이션 결과 비교 그래프(여름)

Fig. 11 Comparisons of the Simulation Results(Summer)

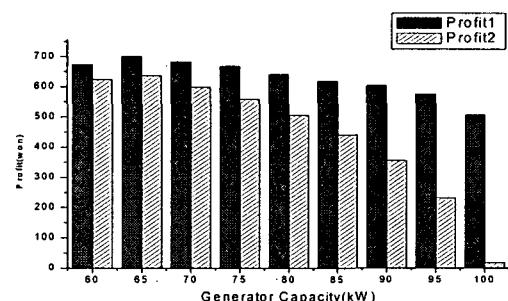


그림 12 시뮬레이션 결과 비교 그래프(봄/가을)

Fig. 12 Comparisons of the Simulation Results(Spring/Fall)

표 8 발전전력별 이익금

Table 8 A Profit by Generator Capability

주문량 [kW]	계절별 시뮬레이션					
	겨울		여름		봄/가을	
	이익	최종 이익	이익	최종 이익	이익	최종 이익
60	907.20	857.42	2509.20	2459.42	673.20	623.42
65	938.12	873.41	2671.88	2607.17	700.55	635.84
70	949.26	864.63	2808.43	2723.80	683.10	598.48
75	968.73	859.21	2937.01	2827.49	667.52	558.00
80	943.03	808.62	3071.31	2936.91	639.99	505.58
85	944.46	765.25	3182.35	3003.14	618.81	439.60
90	895.85	646.95	3312.42	3063.52	603.72	354.82
95	855.34	511.86	3453.20	3109.71	575.57	232.09
100	870.09	382.24	3583.27	3095.43	506.35	18.50
평균금액 (원)	919.12	729.95	2993.22	2841.40	645.31	493.48

계절별 결과 값을 보면 겨울은 발전전력량이 65[kW]일 때 873.41원의 최대이익 금액을 알 수 있고 60[kW], 70[kW], 75[kW]에서 약간의 차이는 있지만 비슷한 금액이 산정됨을 알 수 있다. 또한 전압안정도를 고려하지 않은 발전회사의 경제성만을 보고 판단하면 생산량이 75[kW]일 때가 최대이익 금액이 발생함을 알 수 있고 65[kW]~85[kW] 경제적 운용범위라고 볼 수 있다. 하지만 전압안정도를 고려한 측면에서는 60[kW]~75[kW] 까지를 경제적인 발전용량이라 할 수 있다.

여름의 경우 전압안정도를 고려하지 않은 측면에서 보면 용량이 증가 할수록 이익 금액도 같이 증가하여 발전용량이 최대 일 때 이익금액도 최대로 발생하여 100[kW]일 때 최대이익을 내고 95[kW]~100[kW]로 운영할 때 경제적 발전 가능하다. 하지만 전압안정도를 고려한 측면에서 살펴보면 95[kW]일 때 가장 큰 이익이 발생하고 경제적인 발전범위는 80[kW]~100[kW]일 때로 전압안정도를 고려하지 않은 상황보다 현저하게 증가한다.

봄/가을의 경우는 전압안정도를 고려한 상황과 그렇지 않은 상황에서 모두 65[kW]일 때 금액의 차이가 발생하지만 최대이익 금액이 산정되는 것을 알 수 있다. 경제적 발전용량 차이는 전압안정도를 고려하기 전에는 60[kW]~70[kW]일 때 경제성이 높다고 판단되어지나 안정도를 고려한 후에는 60[kW]~65[kW]일 때 경제적이라고 판단 가능하다.

4.2 부하변동별 시뮬레이션 결과

부하변동별 시뮬레이션을 실행한 결과는 그림 13, 14, 15의 그래프와 같이 금액의 차이는 있지만 같은 패턴의 이익금액이 산정된다.

각 계절별로 부하량 변동에 따라 최대이익 금액의 소량의 오차가 발생하지만 최대이익금액과 5% 범위 내의 경제적인 발전범위는 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 예측된 일일부하량과 실제 운영 시 발생하는 부하량의 소폭의 변화에도 근사한 결과 값을 얻을 수 있다.

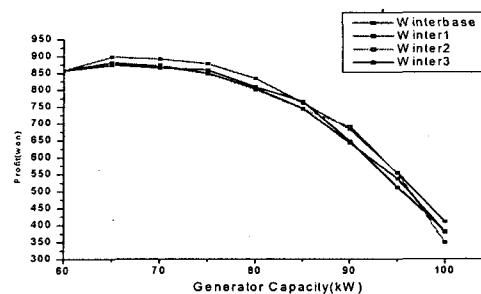


그림 13 부하변동에 따른 이익금액 그래프(겨울)

Fig. 13 A Profit Graph by Change Load(Winter)

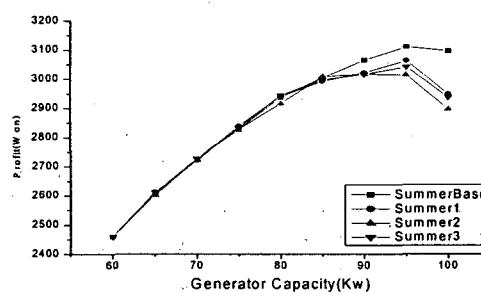


그림 14 부하변동에 따른 이익금액 그래프(여름)

Fig. 14 A Profit Graph by Change Load(Summer)

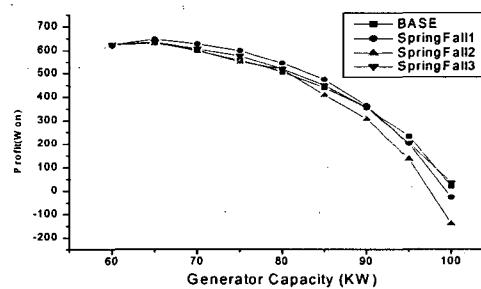


그림 15 부하변동에 따른 이익금액 그래프(봄/가을)

Fig. 15 A Profit Graph by Change Load(Spring/Fall)

표 9 부하변동에 따른 이익금(겨울)

Table 9 A Profit by Change Load(Winter)

용량	겨울	CASE I	CASE II	CASE III
60	857.42	857.42	857.42	857.42
65	873.41	897.93	875.90	881.25
70	864.63	891.26	873.22	868.49
75	859.21	877.14	847.27	849.88
80	808.62	833.76	800.53	803.77
85	765.25	760.64	742.72	744.96
90	646.95	683.17	690.14	642.10
95	511.86	554.42	553.55	537.00
100	382.24	410.12	348.02	379.01

표 10 부하변동에 따른 이익금(여름)
Table 10 A Profit by Change Load(Summer)

용량	여름	CASE I	CASE II	CASE III
60	2459.42	2459.42	2459.42	2459.42
65	2607.17	2612.77	2601.94	2610.53
70	2723.80	2721.19	2723.92	2727.53
75	2827.49	2838.44	2827.49	2832.1
80	2936.91	2941.01	2915.63	2943.88
85	3003.14	2991.44	3007.49	2996.42
90	3063.52	3020.71	3013.23	3015.48
95	3109.71	3062.17	3014.39	3041.02
100	3095.43	2948.08	2896.68	2937

표 11 부하변동에 따른 이익금(봄/가을)
Table 11 A Profit by Change Load(Spring/Fall)

용량	봄/가을	CASE I	CASE II	CASE III
60	623.42	623.42	623.42	623.42
65	635.84	647.54	631.36	634.59
70	598.48	627.35	601.09	606.69
75	558.00	598.95	550.41	576.42
80	505.58	544.04	516.53	518.15
85	439.60	473.7	408.48	449.93
90	354.82	363.28	307.4	355.44
95	232.09	199.11	134.02	202.47
100	18.50	-27.92	-139.92	34.68

5. 결 론

본 논문에서는 발전회사측면에서 최대이익을 얻는 발전전력량과 경제적 운용범위를 제시하기 위하여 수식적 방법보다 빠르게 근사 값으로 얻을 수 있는 몬테카를로 기법을 사용하여 회사의 이윤만을 목적으로 한 발전전력량 산정이 아닌 전력계통의 전압안정도 측면까지 고려한 경제적이고 안정적인 발전전력량의 산정알고리즘을 제시하였다.

경제적 발전전력량을 산정하기 위한 몬테카를로 시뮬레이션은 대표적인 Spread Sheet인 엑셀을 사용하여 시뮬레이션하였고 전력계통 상태해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 사용한 모의계통 해석을 통하여 전압안정도를 고려한 예비발전전력량을 산정하였다. 결과 값의 신뢰도를 높이기 위하여 입력 값으로 사용되어지는 확률분포는 IEEE RTS(Reliability Test System)에서 제공하는 일일부하량을 기초로 계산하였으며 발전비용, 판매금액, 환불금액은 각각 전력거래소와 한국전력의 자료를 가지고 기초데이터를 작성하였다.

몬테카를로 시뮬레이션 구현하여 수식으로 예측하기 힘든 발전이득금액을 간단한 시뮬레이션으로 빠르게 예측 가능하였고 발전회사 측면에서 가장 경제성이 뛰어난 발전전력량의 산정알고리즘을 제시하여 현재 전력거래소를 중심으로 형성된 전력시장에서 전력거래 운용방식인 발전가능 전력량

입찰에 참여 할 때 회사의 경제적 이익을 매우 높일 수 있다고 판단된다.

또한 부하변동별 시뮬레이션을 통하여 예측된 부하량과 실제 운영 시 소폭의 변화가 발생하더라도 같은 발전전력량에서 최대이익금액이 산정 되는 것을 알 수 있으며 경제적 운용범위 또한 변동이 없음을 알 수 있다. 나아가 발전회사 측면에서는 일일예측이 아닌 분기별 예측이나 연간 예측에도 사용가능하고 시뮬레이션에 사용되는 기초데이터에 발전이익금액 외에 발전회사의 모든 수입 및 지출금액이 포함된다면 회사전체의 매출액 예측, 차기년도 예산책정 등 회사의 경제적 지표를 예상하는 방법으로도 사용가능하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축지원사업으로 수행된 논문입니다.

참 고 문 헌

- [1] 김영창, 김용완, "한국전력의 구조 개편", 전기학회지 vol.48, No.3 5, 1999
- [2] 한국전기안전공사, "전력산업구조개편에 따른 중장기 전기안전정책방향 연구 II" 2005
- [3] 전력거래소 홈페이지 "<http://www.kpx.or.kr>" 2005
- [4] Prabha Kundur, "Power System Stability and Control", Mc Graw Hill 1993
- [5] 김재삼, "몬테카를로 방법의 물리학적 응용" 대우학술총서
- [6] 이건창, "최신 디지털정보기술과 응용" 무역경영사, 2005
- [7] 한국전력홈페이지 "<http://www.kepco.co.kr/>" 2005
- [8] 김건중, "전력계통 전압안정도 해석기술", KIEE Trans 제 50권 제7호 p30~36
- [9] Carsom W. Taylor, "Power System Voltage Stability", Mc Graw Hill 1994
- [10] 산업자원부 "전력산업 구조개편 기본계획" 1999.1
- [11] 김용하, 정현성, 나인규, 조성린 "최단붕괴 전압안정도 여유를 고려한 수송 능력산정 알고리즘의 개발에 관한 연구" KIEE Trans 제 52권 제10호 p557~562, 2003
- [12] J.Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma, "Power System Analysis and Design Third Edition" Brooks/Cole
- [13] 정윤원, 박종배, 신중린, "몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 직접부하 제어의 적정 제어지원금 산정기법 개발" KIEE Trans 제53권 제2호 p121~128 2004
- [14] 문성필, 최재석, 신형규, 송길영, "Development of the ELDC and Reliability Analysis of composite Power system by Monte Carlo Method" KIEE Trans 제48권 제 5호 p508~516 1999
- [15] 정도영, 이승훈, "전력시장 경쟁도입을 위한 기초연구", 한국전력공사, 1999.8

저 자 소 개



문 현호 (文 炫鎬)

1979년 9월 2일 생. 2004년 한국산업기술대학 제어계측과 졸업. 2006년 성균관대학교 대학원 전자전기공학과 졸업(공학석사). 2006년~현재 성균관대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학과 박사과정
E-mail : hhmoon@skku.edu



안비오 (安ビオ)

1998. 2. 성균관대학교 전기공학과 공학박사 1998. 3- 2000. 2 한국원자력연구소 2000. 3-2001. 12 (주)마이다스코리아 기업부설연구소 연구소장, (현)중소기업진흥공단 과장, (현)영남대학교 전기공학과 겸임교수

E-mail : piusahn@sdc.or.kr



이종주 (李種柱)

1975년 11월 27일 생. 1999년 수원대학교 전기공학과 졸업. 2001년 성균관대학교 정보통신공학부 대학원 졸업(공학석사). 2001년~2004년 새턴정보통신(주) 개발팀장(과장). 2001년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정
E-mail : jongjoo@skku.edu



최상열 (崔相烈)

1970년 8월 4일 생. 1995년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 2002년 성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공박) 2002~2004년 안양대학교 디지털미디어학부 전임강사 2004년~현재 인덕대학 정보메카트로닉스전공 전임강사
E-mail : ppk99@induk.ac.kr



윤창대 (尹昌大)

1972년 2월 12일 생. 2000년 강원대학교 삼척캠퍼스 전기공학과 졸업. 2002년 성균관대학교 정보통신공학구 대학원 졸업(공학석사) 2002년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정
E-mail : phasor@skku.edu



신명철 (申明澈)

1947년 4월 3일 생 1970년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1978년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1975~1978년 충북대학교 전기공학과 조교수. 1982~1983년 미국코넬대 전기공학과 교환교수. 2000~2001년 미국 펜실베니아주립대 교환교수. 2005년 대한전기학회 회장. 1978년~현재 성균관대학교 정보통신공학과 교수. 성균관대학교 부총장