

## Optimal Hedge Strategy Using Future Contract in the Vesting Contract Electricity Market

孟 瑾 鎬\* · 宋 光 載\*\* · 朴 鐘 根\*\*\*  
(Keun-Ho Maeng · Kwang-Jae Song · Jong-Keun Park)

**Abstract** - In TWBP new uncertainty will be increased. Risk management is risen to a important problem. Vesting contract makes market players trade at fixed price in TWBP early stages. In the case of advanced country, market players manage risk with a future contract. When a risk management method moves from vesting contract to future contract, it may have to use together two contracts for schedule period. In this paper, risk management strategy that use vesting contract and forward contract at the same time is proposed.

**Key Words** : Future contract, vesting contract, optimal hedge ratio, hedging, market risk

### 1. 서 론

전력시장 구조개편에 따라 CBP에서 TWBP로 넘어가면, 시장에 있는 여러 참여자들이 각각 독립적으로 행동함으로써 불확실성이 증가되고, 여러 가지 위험이 나타나게 된다. 최근 이러한 위험을 관리하는 것이 중요한 문제로 대두되고 있다. 전력시장 구조개편에 따라 발생하는 위험을 종류와 그에 상응하는 베스팅계약의 구성을 살펴보면 다음과 같다.

표 1 Risk와 베스팅계약

Table 1 Risk and vesting contract

Risk의 종류	베스팅계약의 종류
Market Risk	일방향 & 양방향 채무계약
Business Risk	물리적 급전권계약
Operation Risk	예비력계약
Market Power	한수원의 헷지의무계약

본 논문에서는 표 1에서 주어진 Risk 중에서 가격변동에 의해 나타나는 Market Risk에 초점을 맞추어 서술하였다. 시장 참여자들은 시장과도기간 동안 앞서 언급한 계약들에 의해서 보호를 받는다. 그러나 시장이 안정화 단계에 들어서면, 베스팅계약이 사라지고 다른 헷지 방법을 찾아야 한다. 선진국의 사례를 보면 선물, 선도, 옵션 등 파생상품을 이용하고 있으며, 우리나라도 이미 1999년에 한국선물거래소가 개장하

여 여러 가지 상품이 상장되어 거래되고 있다. 현재까지 상품선물로는 금선물만이 거래되고 있지만, 향후 전력선물상품이 상장되어 거래되는 것도 고려해 볼 수 있는 사항이다. 위험을 관리하는 방법이 베스팅계약에서 전력선물계약으로 옮겨갈 때, 일정기간 동안은 두 가지 계약을 함께 이용해야 할 것이다.

정부에서 계획한 베스팅계약 비율이 점차 줄어들면서, 증가하는 불확실성에 대해 시장참여자들이 선물시장을 이용해 헷지하는 것을 가정한 후, 베스팅계약과 선물계약을 동시에 이용하는 위험관리전략을 제시하였다. 사례연구를 위해 확률모형을 이용하여 현물가격과 선물가격을 생성하였으며, 발전사업자의 입장에서 수익의 변동성을 줄이기 위해 매도헷징을 실시하는 시나리오를 설정하고 본 논문에서 제시한 전략을 적용하여 그 타당성을 보였다.

### 2. 베스팅계약과 선물계약

먼저, 향후 국내 전력가격 수준을 전망해 보면 다음과 같이 요약할 수 있다. TWBP 단계에서 풀시장 가격은 기저부하 시간대에는 발전경쟁단계의 SMP와 비슷한 수준을 보일 것으로 전망된다. 하지만, 공급지장 가능성이 높아지는 첨두부하 시간대에는 우선공급권 형태의 수요자 입찰에 의해 일반적으로 높은 시장가격을 형성하리라 전망된다.

이에 따라 시장가격변동에 따른 위험을 회피하기 위해 시장에 참여하는 구매자와 판매자들은 시장가격을 고정시킬 수 있는 금융적 위험회피 수단이 필요하게 된다. 이는 풀시장의 가동으로 시장의 양 측면 모두가 상당한 위험에 노출되었기 때문이다. 즉, 발전회사들은 전력판매가격이 얼마가 될지 모르는 상태에서 연료구매를 위한 계약을 해야하고, 판매회사들은 전력구매 비용이 얼마가 될지 모르는 상태에서 소비자들에게 판매를 약속해야 한다. 따라서, 이들 모두 예측가능한 가격에 대하여 합의하는 것이 합리적인 대안으로 부각된다.

\* 正 會 員 : 서울대학교 電氣工學部 碩士

\*\* 正 會 員 : 서울대학교 電氣工學部 碩士課程

\*\*\* 正 會 員 : 서울대학교 電氣工學部 教授 · 工博

接受日字 : 2004年 3月 29日

最終完了 : 2004年 6月 16日

이를 위하여 베스팅계약(vesting contract)이 도입되었는데, 이는 금융시장의 스왑(swap)계약에 해당하는 일종의 쌍방 헷징수단이다. 즉, 발전회사와 판매회사인 두 계약당사자가 어떤 기간에 걸쳐 적정한 전력가격이라고 판단되는 수준에 대하여 합의하는 것이다. 헷징계약의 기본 목적은 전력 풀시장 참여자들이 직면하게 되는 가격을 고정시키고, 이로써 수익흐름을 안정화시키는 것이다.

앞서 언급된 베스팅 계약 이외에 시장위험을 관리하는 기본적인 방식은 다음과 같다. 발전사업자와 전력수요자는 고정가격으로 전력을 거래하여 수익과 비용을 보전하는 선도계약(forwards contract)을 체결하거나, 거래소를 통해 거래하는 선물계약(futures contract)을 체결하는 것이다. 특히, 선물시장은 경쟁 도입에 따른 변동성 증가에 대처할 수 있는 수단을 제공할 뿐만 아니라 경쟁을 촉진시키는 기능을 제공한다. 이러한 선물시장의 경쟁 촉진 효과는 선물시장 가격을 통하여 현물시장의 가격 입찰이 적정한지를 비교할 수 있는 기준을 제시하는 가격발전 기능에 의한 것이고, 이로써 현물시장의 가격결정은 보다 효율적으로 진행될 수 있다.

발전회사의 수익성과 관련된 변동 요인은 발전연료 가격, 도매전력판매가격, 전력 수요 및 공급차질 요인, 환율 및 금리 등의 재무 관련 요인으로 구분된다.

본 논문에서는 다음과 같은 사항을 가정한다. 첫째, 발전회사의 위험요인으로 도매전력판매가격만을 고려한다. 둘째, 베스팅계약 중에서 양방향 계약과 일방향 계약만을 고려한다. 셋째, 발전사업자는 베스팅계약을 대신할 헷징계약으로 전력선물만을 이용한다.

### 3. 선물시장을 활용한 헷징

#### 3.1 Hedged Position

이 논문에서는 베스팅계약량이 줄어들어 가격 변동성이 증가할 때 가까운 미래에 현물시장에서 전력을 판매하려고 하는 발전사업자가 선물시장을 이용하여 위험을 줄이는 전략을 서술한다.

먼저 hedged position을 설명하기 위해 다음 사항들을 먼저 정의한다. 발전사업자가 t시점에서 판매하고자 하는 단위 전력에 대해, t-1시점에서 헷징을 위해 선물시장에서 매수 혹은 매도하는 양을 a라고 정의한다. 만약  $a > 0$  이라면 매도 헷징(short hedging)이라고 한다. 이는 t 시점에서 판매할 전력가격의 하락에 따른 손실을 상쇄시키기 위해 전력선물을 미리 판매하는 헷징을 말한다. 만약  $a < 0$  이라면 매수헷징(long hedging)이라고 한다. 특별한 두 가지 경우 즉,  $a = 0$  일 때는 발전사업자가 헷징을 위해 선물을 이용하지 않은 경우이고,  $a = 1$  이면 발전사업자는 t시점에서 판매할 전력과 같은 양의 선물을 계약한 경우이다.

발전사업자가 단위전력에 대하여 위험을 회피하기 위해서 t-1 시점에서 선물은 매도포지션 혹은 매수포지션을 취하고, t시점에서 기존 포지션을 청산하였을때 발전사업자의 현물거래를 포함한 거래를 hedged position이라고 정의한다. Hedged position에 의한 수익(V)는 다음과 같이 표현된다[6].

$$V = S_t + a(F_{t-1} - F_t) \quad (1)$$

여기서,

$S_t$  = t 시점의 현물가격

$F_t$  = t 시점의 선물가격

$a$  = 선물거래비율

#### 3.2 최적헷지비율 (Optimal Hedge Ratio)

발전사업자가 수익의 분산으로 표현되는 위험을 최소화 하기 위해 선택해야 하는 선물량을 최적헷지비율이라 한다. 최적헷지비율은 hedged position에서 현물 1kWh 당 거래하기로 되어있는 선물량으로 표현된다(normalize). Hedged position에 의한 수익(V)의 분산은 다음과 같다.

$$Var(V) = Var(S_t) + a^2 Var(F_t) - 2aCov(S_t, F_t) \quad (2)$$

여기서,

$Var(S_t)$  = 현물가격의 분산

$Var(F_t)$  = 선물가격의 분산

$Cov(S_t, F_t)$  = 현물가격과 선물가격의 공분산

분산을 최소로 하는 헷지비율을 구하기 위해 V의 분산을 a로 미분하여 전개하면 다음과 같은 최적헷지비율이 구해진다[6].

$$\frac{\partial Var(V)}{\partial a} = 2aVar(F_t) - 2Cov(S_t, F_t) = 0 \quad (3)$$

$$a^* = \frac{Cov(S_t, F_t)}{Var(F_t)} \quad (4)$$

위의 해는 현물가격과 선물가격의 공분산이 클수록 보다 많은 선물거래가 필요하고, 선물가격의 변동성이 크면 헷징의 효과가 떨어지므로 선물거래를 줄여야 함을 의미한다.

#### 3.3 베스팅계약을 고려한 최적헷지비율

본 논문에서는 베스팅계약과 선물계약을 함께 이용하는 헷지전략을 가정하였으므로 베스팅계약을 고려한 최적헷지비율을 새롭게 제안한다. 앞에서 언급한 것과 같이 베스팅계약은 양방향 재무 계약과 일방향 재무 계약만을 고려한다. 베스팅계약을 포함한 hedged position에 의한 수익은 다음과 같이 표현된다.

$$V = S_t + a(F_{t-1} - F_t) - b(S_t - X_{two}) - c(\max(S_t - X_{one}, 0)) \quad (5)$$

여기서,

b = 양방향 재무 계약비율

c = 일방향 재무 계약비율

$X_{two}$  = 양방향 재무 계약의 행사 가격

$X_{one}$  = 일방향 재무 계약의 행사 가격

$$M_i = \max(S_i - X_{one}, 0)$$

위 식에서  $b(X_{two} - S_i)$ 은 양방향 계약에 의해 정산된 부분이고,  $c(\max(S_i - X_{one}, 0))$ 은 일방향 계약에 의해 정산된 부분이다. V의 분산을 최소화 하는 헷지비율을 구하기 위해 V의 분산을 a로 미분하여 전개하면 다음과 같은 최적헷지비율이 구해진다.

$$\begin{aligned} Var(V) &= (1-b)^2 Var(S_i) + a^2 Var(F_i) + c^2 Var(M_i) \\ &\quad - 2(1-b)aCov(S_i, F_i) + 2acCov(F_i, M_i) \quad (6) \\ &\quad - 2(1-b)cCov(S_i, M_i) \end{aligned}$$

분산을 최소화 하는 헷지비율을 구하기 위해 V의 분산을 a로 미분하여 전개하면 다음과 같은 최적헷지비율이 구해진다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Var(V)}{\partial a} &= 2aVar(F_i) - 2(1-b)Cov(S_i, F_i) \\ &\quad - 2cCov(F_i, M_i) = 0 \quad (7) \end{aligned}$$

$$a^* = \frac{Cov(S_i, F_i) - bCov(S_i, F_i) - cCov(F_i, M_i)}{Var(F_i)} \quad (8)$$

위 식에서  $\frac{Cov(S_i, F_i)}{Var(F_i)}$ 은 선물만 고려했을 때의 최적헷지비율이고,  $b \frac{Cov(S_i, F_i)}{Var(F_i)}$ 과  $c \frac{Cov(F_i, M_i)}{Var(F_i)}$ 은 각각 양방향 계약과 일방향 계약을 고려하여 기존의 헷지비율에서 감소시킨 비율이다. 따라서 베스팅 계약을 고려하면 헷지비율은 위의 비율만큼 감소하게 된다.

#### 4. 확률모형을 이용한 현물 및 선물가격 결정

##### 4.1 표본자료

앞 절에서 구한 최적헷지비율을 이용한 사례연구를 위해서는 먼저 현물가격과 선물가격의 생성이 선행되어야 한다. 다음에서는 본 논문에서 활용된 표본자료로서 현물가격에 대하여 설명한다. 이 표본자료는 선물가격에 대한 확률과정의 추정을 위한 기초자료로 활용된다.

- 자료 : CBP의 System Marginal Price
- 빈도 : 매주 금요일
- 대표값 : 평균가격
- 기간 : 2001/04 - 2003/09 (130 week)

CBP시장의 가격은 SMP와 BLMP가 있으므로, SMP가격이 CBP시장가격을 대표하지는 않는다. 그러나 용량요금도 별도로 지급되지 않는 TWBP 단계에서 풀시장 가격은 기저 부하 시간대에는 발전경쟁단계의 SMP와 비슷한 수준을, 첨

두부하 시간대에는 일반적으로 높은 시장가격을 형성할 것으로 전망되기 때문에 SMP를 도매경쟁시장의 가격으로 간주하고 SMP에 대한 선물가격을 시뮬레이션하고자 한다. 그림 1은 SMP표본자료이다. 여름의 평균가격이 낮고, 겨울의 평균가격이 높음을 알 수 있다.

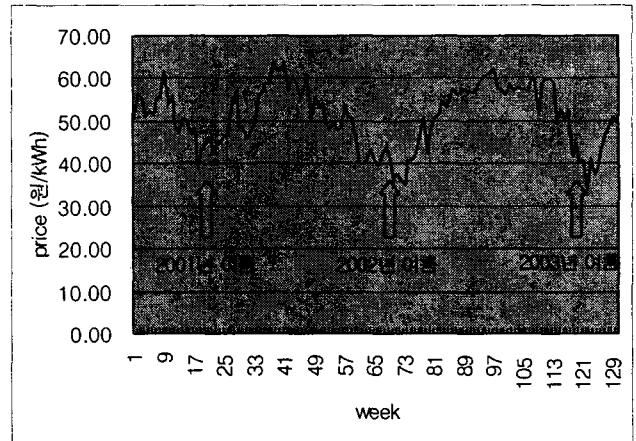


그림 1 SMP 표본자료 (매주 금요일 평균가격)

Fig. 1 System Marginal Price sample data (average price every friday)

##### 4.2 Mean-Reverting Process Model

MRP(Mean-Reverting Process Model)은 에너지 가격의 특성을 나타내기에 적당한 모델로 알려져 있다. 따라서 위 모델을 이용하여 현물가격과 선물가격을 추정하고자 한다. 현물가격은 다음과 같이 표현된다.

$$dS_t = \mu(L - S_t)S_t dt + \sigma S_t dz \quad (9)$$

여기서,

$\mu$  = 현물가격 회귀속도

$L$  = 현물가격 평균

$dt$  = time 1/52 (year)

$\sigma$  = 현물가격 표준편차

$dz$  = 평균이 0 이고 표준편차가  $\sqrt{dt}$  인 랜덤수

전력선물 가격 데이터 생성을 위해 전력선물의 가격특성도 상기 확률과정을 따른다고 가정하면[4]-[5], t시간의 선물가격을  $F_t$ 라고 할 때 선물가격은 식 (10)과 같이 표현할 수 있다. 전력선물가격의 평균과 표준편차는 현존하는 데이터가 없으므로, 현물가격을 기초로하여 1개월선물부터 6개월 선물까지 시차에 맞게 임의로 선정하였다.

$$dF_t = \mu_F(L_F - F_t)F_t dt + \sigma_F F_t dz \quad (10)$$

여기서,

$\mu_F$  선물가격 회귀속도

$L_F$  선물가격 평균  
 $\sigma_F$  선물가격 표준편차

5. 사례연구

앞서 가까운 미래에 현물시장에서 전력을 판매하려고 하는 발전사업자가 선물시장을 이용하여 위험을 줄이는 헷지전략을 제시하였다. 본 사례연구에서는 4장에서 생성한 가격데이터를 이용하여, 선물을 이용한 헷지전략을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에 대해 시뮬레이션을 수행해 보았다.

5.1 시뮬레이션 방법 설정

먼저 다음의 네가지 헷지전략을 설정한다.

Case I : 베스팅계약 없음 & 선물계약 없음

$$V = S_t \tag{22}$$

Case II : 베스팅계약 & 선물계약 없음

$$V = S_t + b(X_{t_{nwo}} - S_t) - c(M_t) \tag{23}$$

Case III : 베스팅계약 & 최적헷지비율 선물계약

$$V = S_t + b(X_{t_{nwo}} - S_t) - c(M_t) + \frac{Cov(S_t, F_t)}{Var(F_t)}(F_{t-1} - F_t) \tag{24}$$

Case IV: 베스팅계약 & 베스팅계약을 고려한 최적헷지비율 선물계약

$$V = S_t + b(X_{t_{nwo}} - S_t) - c(M_t) + \frac{Cov(S_t, F_t) - bCov(S_t, F_t) - cCov(F_t, M_t)}{Var(F_t)}(F_{t-1} - F_t) \tag{25}$$

발전사업자는 매주 금요일 각 시점으로부터 한달 후에 판매할 현물에 대한 수익의 위험을 줄이기 위해, 앞서 제시한 네 가지 헷지전략을 사용할 수 있다. 그 중에서 Case III와 Case IV와 같이 선물을 함께 이용하는 경우에는 각 시점에서 미리 선물을 매도하고, 그 시점으로부터 한달 뒤 현물판매와 동시에 선물을 청산하는 헷지전략을 가정한다.

다음의 그림 2에서는 시뮬레이션 결과치를 산출하는 방법을 예시하고 있다. 매주 금요일에 앞서 설명된 거래전략의 수익이 산정되고, 이들 통계치에 대한 평균값을 최종결과로 제시한다.

5.2 시뮬레이션 결과 분석

베스팅계약비율이 감소함에 따른 평균과 표준편차를 네 가지 헷지전략별로 구해 보았다. 이때 발전사업자가 이용할 수 있는 선물은 총 6가지이다. 시차별 선물을 이용한 헷징거래에 대한 평균과 표준편차는 그림 3과 그림 4에 나와 있다.

먼저 그림 3에서 알 수 있듯이, 헷징을 하지 않은 경우 표준편차가 가장 크고, 베스팅계약으로 헷징한 경우, 기존의 최적헷지비율을 활용한 경우, 베스팅계약을 고려한 최적헷지비

t (시점, 주)	t (시점, 주)	수익
1	1	$S_5+a(F_1-F_5)$
2	2	$S_6+a(F_2-F_6)$
3	3	$S_7+a(F_3-F_7)$
4	4	$S_8+a(F_4-F_8)$
5	5	.
6	6	.
7	7	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
127	127	$S_{130}+a(F_{127}-F_{130})$
.	.	.
.	.	.
130	130	.
통계치	평균	표준편차

그림 2 시뮬레이션분석 결과치 산출 예시

Fig. 2 Example of simulation result

율을 활용한 경우로 옮겨갈수록 표준편차가 감소함을 알 수 있다.

이러한 결과는 헷징을 하지 않은 경우에 비해 헷징을 하는 경우가 수익의 변동성을 반드시 감소한다는 일반적인 논리와 일관된다. 또한 일부 시차에서 예외는 존재하지만, 동일한 전략 하에서 시차 증가에 따라 표준편차가 증가하는 것을 알 수 있다.

◆ 표준편차

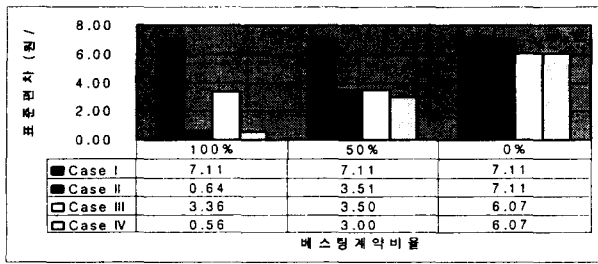
- Case I > Case II > Case IV
- Case III > CaseIV
- 동일전략에서 시차 증가 => 표준편차증가 (예외 존재)

다음으로 그림 4에서 헷징을 하지 않은 경우에 비해 베스팅계약으로 헷징한 경우의 평균이 감소한다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 분석대상 기간 동안 일방향계약에 존재하는 발전자 수익의 일부인 Fee를 고려하지 않았기 때문이다. 그러나 기존의 최적헷지비율을 활용한 경우에 비해 베스팅계약을 고려한 최적헷지비율을 활용한 경우의 평균은 증가하는 것을 알 수 있다.

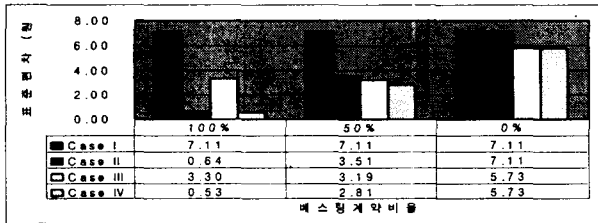
이와 함께, 일부 시차에서 예외는 존재하지만, 동일한 전략 하에서 시차 증가에 따라 평균이 감소하는 것을 알 수 있다.

◆ 평균

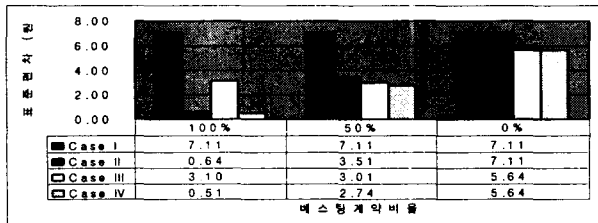
- CaseI > CaseII > Case IV > CaseIII
- 동일전략에서 시차 증가 => 평균 감소 (예외 존재)



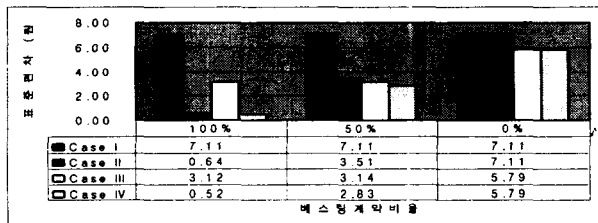
(a) 1개월 선물을 이용한 헛징



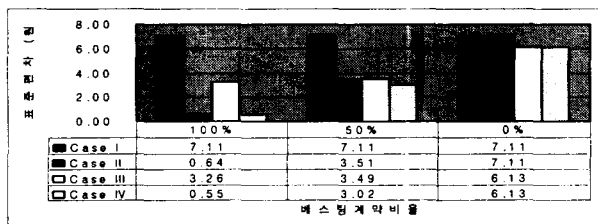
(b) 2개월 선물을 이용한 헛징



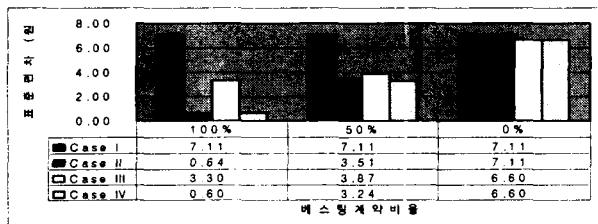
(c) 3개월 선물을 이용한 헛징



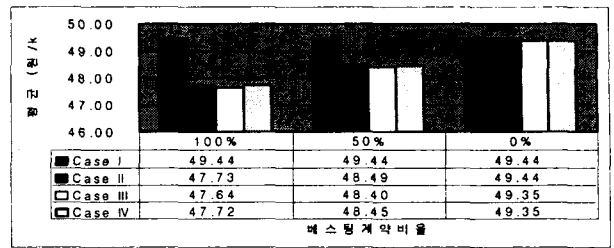
(d) 4개월 선물을 이용한 헛징



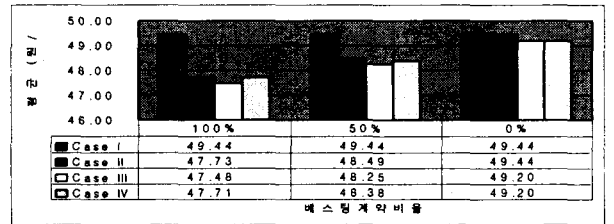
(e) 5개월 선물을 이용한 헛징



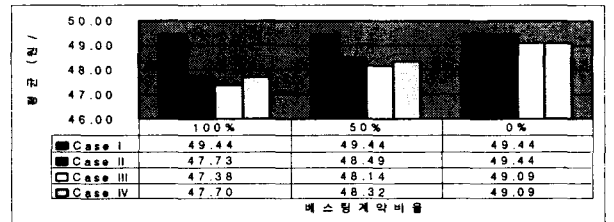
(f) 6개월 선물을 이용한 헛징



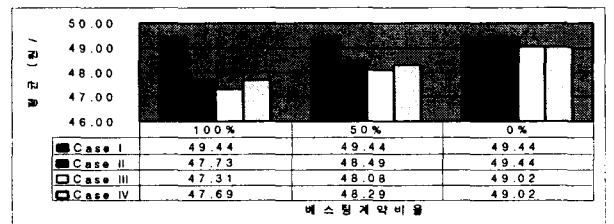
(a) 1개월 선물을 이용한 헛징



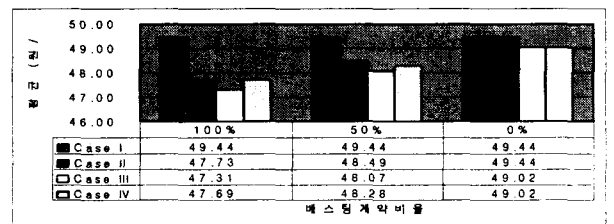
(b) 2개월 선물을 이용한 헛징



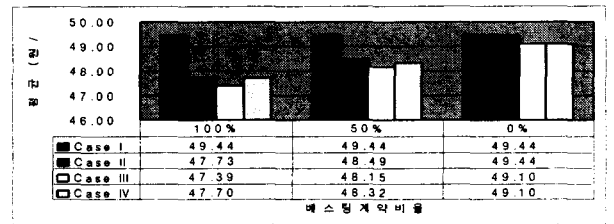
(c) 3개월 선물을 이용한 헛징



(d) 4개월 선물을 이용한 헛징



(e) 5개월 선물을 이용한 헛징



(f) 6개월 선물을 이용한 헛징

그림 3 수익의 표준편차

Fig. 3 Standard deviation of revenue

그림 4 수익의 평균

Fig. 4 Average of revenue

## 6. 결 론

본 논문에서는 베스팅계약이 있는 전력시장에서 선물을 이용한 최적헷지전략을 제시하였다. 최적헷지전략의 주된 목적은 수익을 향상시키는 것이 아니라 가격변동위험, 즉 수익의 변동성을 감소시키는 것에 있다. 사례연구를 위해 확률모형을 이용하여 현물과 선물의 가격을 생성하였고, 발전사업자가 수익의 위험을 줄이기 위해 베스팅계약과 선물계약을 동시에 이용하는 시나리오를 설정하였다. 통계치로 표현되는 시뮬레이션 결과를 통해, 본 논문에서 제시한 헷지전략이 기존전략보다 수익의 변동성을 더 낮출 수 있음을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] Raymond M. Leuthold, Joan C. Junkus, and Jean E. Cordier, "The Theory and Practice of Futures Markets," Lexington Books, Lexington, Massachusetts.
- [2] Steven Stoft, "Power System Economics Designing Markets for Electricity," IEEE Press, 2003.
- [3] KEPCO, Freehill Consortium, "Pool Price Stabilization & Risk Management Strategy Development Blueprint," 2002.12.
- [4] Dragana Ppilipovic, "Energy Risk Valuing and Managing Energy Derivatives," McGraw-Hill, 1997
- [5] John C. Hull, "Options, Futures, & Other Derivatives," Prentice Hall, Upper Saddle River, 2000
- [6] Eva Tanlapco, Jacques Lawarree, and Chen-Ching Liu, "Hedging with Futures Contracts in a De-regulated Electricity Industry", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 17, NO. 3, August 2002.

## 저 자 소 개



### 맹근호 (孟瑾鎬)

1978년 4월 11일생. 2002년 단국대학교 전기공학과 졸업. 2004년 서울대학교 대학원 전기공학과 석사 졸업  
Tel : 02) 880-7258  
E-mail : terra0411@hanmail.net



### 송광재 (宋光載)

1976년 3월 20일생. 2002년 강원대학교 제어계측공학과 졸업. 현재 서울대학교 대학원 전기공학과 석사과정.  
Tel : 02) 880-7258  
E-mail : siltasaju@hanmail.net



### 박종근 (朴鐘根)

1952년 10월 21일생. 1973년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1979년 동경대학교 대학원 전기공학과 석사 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 박사 졸업.  
1982. 4~1982. 9 일본 도시바 중전기술연구소. 1993. 3 일본 국립 에너지 물리학연구소. 1983년~현재 서울대학교 전기공학부 교수. 1999. 8~2002. 10 기초전력공학공동연구소 소장. 2002. 8~현재 서울대학교 연구처장.  
Tel : 02) 889-4200, Fax : 02) 878-1452  
E-mail : parkjk@snu.ac.kr