

Лекция 6

Двусторонние договоры на рынке
э/э. Финансовые права на
передачу

Экономический смысл ДД

- Хеджировать риск колебаний цены на электроэнергию
- ДД характерны для крупных объемов, крупных потребителей и крупных генераторов
- Мировая практика: объем ДД составляет 70-90% от объема всего рынка

«Физические» и «финансовые» ДД

- Физические: исполняются потребителем и поставщиком реальным производством и потреблением договорного объема
- Финансовые: если поставщик поставил на рынок объем, который меньше договорного, он докупает недостающий объем на рынке по рыночной цене; если потребитель потреби́л с рынка объем, который меньше договорного, он продает излишек по ДД по рыночной цене
- Финансовые договоры общеприняты на рынке э/э, так как физический объем производства поставщика зависит не только от самого поставщика, но и от системных условий

Финансовый баланс при наличии ДД

- *Цена ДД* – есть предмет свободного договора участников и относится к сфере их частных коммерческих отношений
- Участники ДД обязаны проинформировать администратора рынка об *объеме ДД* для корректного расчета финансового баланса рынка
- Администратор при расчете финансового баланса должен вычесть объем ДД из финансовых обязательств потребителей и финансовых требований поставщиков

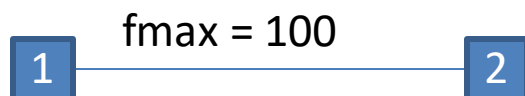
Оптимальная стратегия подачи заявок участниками, между которыми заключен ДД

- Поставщик: подает заявку по своим реальным переменным издержкам C_g (если равновесная цена окажется ниже C_g генератору выгоднее остановиться и докупить объем по ДД на рынке, если выше, то выгоднее производить самому. Таким образом, равновесная ценовая стратегия поставщика инвариантна по отношению к наличию или отсутствию ДД.
- Потребитель: симметричная стратегия

Финансовый баланс (продолжение)

- Если поставщик и потребитель по ДД расположены в узлах с одной равновесной ценой, объем снижения финансовых обязательств равен объему снижения финансовых требований => финансовый баланс рынка в целом не нарушается

- Пример 1 (ДД «физически» не выполним из-за ограничения по пропускной способности)



	$V_{\max}$	C	ДД	V^*	λ^*
Г1	200	500	-150	160	500
П1	60			60	500
Г2	200	800		50	800
П2	150		150	150	800

Финансовый баланс

Узел 1: $+60 \cdot 500 - 160 \cdot 500$ [$+150 \cdot 500$] = $+50 \cdot 500$

Узел 2: $+150 \cdot 800 - 50 \cdot 800$ [$-150 \cdot 800$] = $-50 \cdot 800 \Rightarrow$ дефицит $50 \cdot 300$

- Пример 2 (генератор покупает произведенный объем на рынке)

	Vmax	C	ДД	V*	λ^*
Г1	200	500	-150	130	500
П1	30			30	500
Г2	200	800		50	800
П2	150		150	150	800

Финансовый баланс

Узел 1: $+30 \cdot 500 - 130 \cdot 500$ [$+130 \cdot 500$] = $+30 \cdot 500$

Узел 2: $+150 \cdot 800 - 50 \cdot 800$ [$-150 \cdot 800$] = $-50 \cdot 800 \Rightarrow$ дефицит

$30 \cdot 300 + 20 \cdot 800$

Как восстановить финансовый баланс?

- Оплата сторонами ДД «доставки» объема ДД от узла производства до узла потребления
 - Продажа объема $\min(\text{ДД}, V^*_{\text{г}})$ в узле генератора (по цене в узле генератора) + покупка $\min(\text{ДД}, V^*_{\text{п}})$ в узле потребителя (по цене в узле потребителя)
 - Если $\text{ДД} = V^*_{\text{г}} = V^*_{\text{п}}$, оплата на рынок разности цен (цена в узле потребителя – цена в узле генератора) * объем ДД

- Оплата разности узловых цен в примере 1 и примере 2:
- Пример 1: $+150*500 - 150*800 = -150*300$
(избыточная оплата по сравнению с небалансом рынка: профицит составит $100*300$, как если бы ДД не было)
- Пример 2: $+130*500 - 150*800 = -130*300 - 20*800$

Аукцион прав на передачу (Financial Transmission Rights (FTRs))

- FTR – форвардный контракт, по которому держатель получает определенный платеж по результатам РСВ
- Типы FTR
 - Flow-gate: платеж равен цене пропускной способности на ограничении по результатам РСВ * объем FTR
 - Point-to-point: платеж равен разности цен между определенными узлами по результатам РСВ * объем FTR

Постановка задачи

- Заявки на передачу (транзакции):

$$0 \leq x_{ij} \leq V_{\Delta\Delta}$$

c_{ij} — цена, не выше которой
сторона $\Delta\Delta$ готова купить право
на передачу

1. Баланс в узле i

$$-x_{ij} = \sum_{k \in B(i)} f_{ki} - \sum_{r \in A(i)} f_{ir} \quad [\lambda_i]$$

2. Баланс в узле j

$$x_{ij} = \sum_{k \in B(j)} f_{kj} - \sum_{r \in A(j)} f_{jr} \quad [\lambda_j]$$

$$f_{rs} \leq \bar{f}_{rs} \quad [G_{rs} \geq 0]$$

$$\sum_{(i,j)} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

Характеристика оптимального решения

$$c_{ij} = \lambda_j - \lambda_i + \overset{0}{\lambda^+}_{ij} - \overset{0}{\lambda^-}_{ij}$$

$$\lambda_j - \lambda_i = \sum_{\substack{t=1 \dots T: \\ K_1=i \\ K_T=j}} \lambda_{K_t} - \lambda_{K_{t-1}} =$$

$$= \sum \mathcal{Q}_{K_t K_{t-1}}$$

Сторону договора (i, j) становится
обладателем FTR типа point-to-
point из i в j объеме V_{ij} , если

$$c_{ij} > \sum_{\substack{t=1..T \\ K_1=i \\ K_T=j}} \phi_{K_t K_{t-1}}$$

Финансовый баланс с учетом прав на передачу

Пусть x_{FTR} - результат аукциона FTR
при пропускной способности $\bar{f}_{FTR}$

Пусть к моменту проведения РСВ
пропускная способность не
снизилась $\bar{f}_{PCB} \geq \bar{f}_{FTR}$. Тогда

на РСВ имеет место прооризитный
финансовый баланс.

Dok-bo!

$$B x_{FTR} - A f_{FTR} = 0$$
$$f_{FTR} \leq \bar{f}_{FTR}$$

$$[\lambda_{PCB}]$$

$$B x_{PCB} - A f_{PCB} = 0$$

$$[\mu_{PCB}]$$

$$f_{PCB} \leq \bar{f}_{PCB}$$

$\forall$
0

Финансовый баланс РСВ с учетом

FTR:

$$\lambda_{PCB}^T (Bx_{PCB} - Bx_{FTR}) =$$

$$= \lambda_{PCB}^T (Af_{PCB} - Af_{FTR}) =$$

$$= \lambda_{PCB}^T A (f_{PCB} - f_{FTR}) =$$

$$= \{ -\lambda_{PCB}^T A + G_{PCB}^T = 0 \} =$$

$$= \mathbf{G}_{PCB}^T (\mathbf{f}_{PCB} - \mathbf{f}_{FTR}) =$$

$$= \left\{ \mathbf{G}_{PCB}^T \mathbf{f}_{PCB} = \mathbf{G}_{PCB}^T \bar{\mathbf{f}}_{PCB} \quad \text{усл. год. (неизвестности)} \right\}$$

$$= \mathbf{G}_{PCB}^T (\bar{\mathbf{f}}_{PCB} - \mathbf{f}_{FTR}) \geq$$

$$\mathbf{G}_{PCB}^T (\bar{\mathbf{f}}_{FTR} - \mathbf{f}_{FTR}) \geq 0$$

Пример 1 (Продолжение)

Функция размещения

FTR

1 $f_{\max} = 100$ 2

$$-x_{12} = -f_{12}$$

$$x_{12} = f_{12}$$

$$\Rightarrow x_{12}^* = 100$$

$$f_{12} \leq 100$$

$$\lambda_{12}^* =$$

$$0 \leq x_{12} \leq 150$$

$$= C_{12}$$

$$C_{12} x_{12} \rightarrow \max$$

Финансовый баланс РСВ

1.

$$\text{Узел 1: } +60*500 - 160*500 [+150*500] = +50*500$$

$$\text{Узел 2: } +150*800 - 50*800 [-150*800] = -50*800$$

$$\text{Профицит/Дефицит} = -50*300$$

2. Стороны ДД продают объем договора по цене в узле 1 и покупают в узле 2:

$$+150*500 - 150*800 = -150*300$$

$$\text{Профицит/Дефицит} = -50*300 + 150*300 = 100*300$$

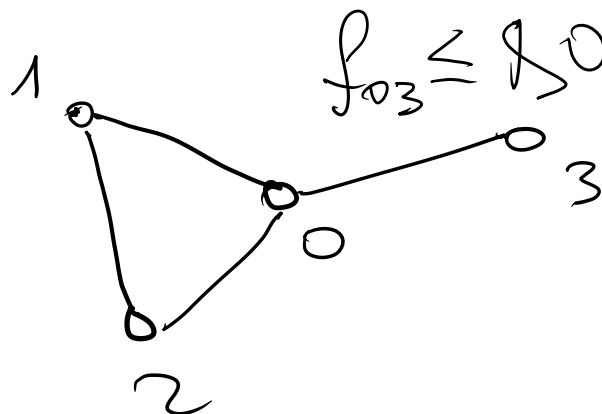
3. Стороны ДД получают от рынка платеж по FTR в размере $(800-500)*100 = 100*300$

$$\text{Профицит/Дефицит} = 0$$

$$\text{Фин.результат сторон ДД} = -150*300 + 100*300 = -50*300$$

Пример 2.

$$-10 \leq f_{02}$$



Нумерация
ветвей от
меньшего
номера узла
к большему

	Vmax	C	ДД	C_ij
Г1	200	10	-70	3
Г2	200	20	-50	5
Г3	200	30		
П3	200		120	

Формулировка задачи:

$$-x_{13} = f_{01} - f_{12}, \quad 0 \leq x_{13} \leq 70$$

$$-x_{23} = f_{02} + f_{12}, \quad 0 \leq x_{23} \leq 50$$

$$x_{13} + x_{23} = f_{03}$$

$$f_{03} \leq \bar{f}_{03} = 80$$

$$-10 = -\underline{f}_{02} \leq f_{02}$$

$$3 \cdot x_{13} + 5 x_{23} \rightarrow \max$$

Решение:

$$x_{23}^{\star} = 50$$

$$f_{12}^{\star} = -50$$

$$x_{13}^{\star} = 30$$

$$f_{01}^{\star} = -80, \quad f_{03}^{\star} = 80$$

Вычисление ген:

$$0 < x_{13}^* < \bar{x}_{13} \Rightarrow C_{13} = \lambda_3^* - \lambda_1^* = 3$$

$$\lambda_3^* - \lambda_1^* = G_{03}^* = 3$$

$$5 = C_{23} = \lambda_3^* - \lambda_2^* + \pi_{23}^{*+} = G_{03}^* + \pi_{23}^{*+} \Rightarrow$$

$$\lambda_3^* - \lambda_2^* = G_{03}^* \Rightarrow \lambda_2^* = \lambda_1^*$$

$$\rightarrow \pi_{23}^{*+} = 2$$

$\Delta\Delta_{13}$: FTR на объеме 30 по цене 3

$\Delta\Delta_{23}$: FTR на объеме 50 по цене 3

PCB

	Vmax	C	ДД	V*	λ^*
Г1	200	10	-30	80	10
Г2	200	20	-50	0	10
Г3	200	30		120	30
ПЗ	200		80	200	30

- Финансовый баланс РСВ

- 1.

- Узел 1: $-80*10 [+30*10] = -50*10$
- Узел 2: 0
- Узел 3: $200*30 - 120*30 [-80*30] = 0$
- Выплаты держателям FTR = $-80*(30-10) = -80*20$
- Оплата разности цен сторонами ДД_13 = $+30*20$
- Покупка Г2 объема непроизведенного по ДД_23 в узле потребителя = $+50*30$
- Профицит/Дефицит = $-50*10 - 80*20 + 30*20 + 50*30 = 0$

- 2. Фин.результат сторон ДД:

- ДД_13: $-30*20$ (оплата разности цен) $+30*20$ (платеж по FTR) $- 30*3$ (стоимость покупки FTR) = $-3*30$
- ДД_23: $-50*30$ (покупка Г2 непроизведенного объема) $+ 50*20$ (платеж по FTR) $- 50*3$ (стоимость покупки FTR) = $-50*13$ (если предположить, что Г2 в оплату по договору получил от потребителя по своей себестоимости (20), то с учетом этого его прибыль составит $-50*13+50*20 = 50*7$)