

# Transmission and Optical Networks Creating by Using a Cooperative Game Theory Approach

Antans Sauhats (*Riga Technical University – RTU*) and Igor Moshkin (*RTU*)

**Keywords** – Electrical engineering, optical communication lines, power transmission, transmission lines, game theory, decision-making.

## I. INTRODUCTION

The aspiration of the global community towards increased power supply efficiency and reducing the influence of power generation on the environment has motivated a process of restructurisation. As a result, the monopolies that ensure power supply are replaced by a number of independent companies which are striving to increase their gain and competing with each another. This paper is dedicated to particular case, making the additional assumption that it is possible to form a coalition with other companies. In this case there is a mutual benefit expected. The proposed strategy is based on the part of real project with planned 330kV and 110kV high voltage transmission lines and optical communication lines.

## III. CONSIDERATION OF FORMING COALITIONS IN ENERGY SUPPLY PLANNING TASKS

### A. Game - Theoretical Approach to the Planning Task

$$\{I, S = \prod_i \{S_i\}_{i \in I}, R = \{R_1, R_2 \dots R_n\}\} \quad (1)$$

### B. Distribution of the Gain Between the Member of the Coalition – Shapley Value

$$c_i = R(S \cup \{i\}) - R(S) \quad (2)$$

## V. THE ECONOMIC BASIS OF THE PROPOSED TASK

The necessary throughput capacity of the examined power line can be provided adopting the following two conditions:

- if there is a 330 kV circuit, then 2000A is needed;
- if there is a 110 kV circuit, then 1200A is needed.

Additionally there is also a necessity of creating optical communication line which is managed by the third company.

For given circumstances, we have five combinations of the entire project including power transmission and optical networks. In the case of organizing a coalition of two or three companies it is necessary to distribute the additional revenue by using the Shapley value, which requires an agreement and approval of each company.

In our example, we consider the benefits of each company in the stage of designing, i.e. considering the cost of building the transmission and optical communications lines in each case under consideration.

The required total costs and interim calculations for all variants including individual and cooperative behavior of the companies are presented in Table I.

TABLE I.

TOTAL COSTS FOR ALL VARIANTS INCLUDING INDIVIDUAL AND COOPERATIVE BEHAVIOR

Behavior	Variants of realizing the project	Investments, r.u.		
		For coalition	For independent company	Total
Individual	A	-	25 431 435	25 431 435
	B	-	20 414 642	20 414 642
	C	-	3 657 649	3 657 649
	A, B, C	Total investments for individual behavior of A, B, C		49 503 726
Cooperative	AB/C	29 952 795	3 657 649	33 610 444
	AC/B	26 340 035	20 414 642	46 754 677
	BC/A	21 323 242	25 431 435	46 754 677
	ABC	30 861 395	-	30 861 395

## VI. CONCLUSIONS

1) Methods based on the game theory can contribute to making the right decision about the development of power transmission and energy supply sources. In particular, the cooperative game taking into consideration the possibility of building the coalition should be used.

2) The suggested method was applied to the example based on a real project with planned 330kV and 110kV high voltage transmission lines construction. It shows a great result and high level of profit. The method is applicable in a variety of other tasks where independent companies can gain by forming the coalition with other market participants.

## REFERENCES

- [12] Igor Moshkin, Svetlana Berjozkina, Antans Sauhats "Solving of Transmission Network Development Tasks in Market and Uncertainty Conditions", in Proc. of 9th International Conference on the European Energy Market, Florence, 2012, pp. 1-7.

# Pārvades un optisko tīklu izveide, izmantojot kooperatīvās spēles teorijas pieeju

Antans Sauhats (*Riga Technical University – RTU*) and Igor Moshkin (*RTU*)

*Atslēgvārdi (angl.) – Electrical engineering, optical communication lines, power transmission, transmission lines, game theory, decision-making.*

## I. IEVADS

Starptautiskās sabiedrības tiekšanās palielināt energoefektivitāti un samazināt enerģētikas ietekmi uz vidi motivē procesu restruktūrizāciju. Rezultātā, monopoli, kas nodrošina jaudas piegādi, tiek aizstāti ar vairākiem neatkarīgiem uzņēmumiem, kas strādā, lai palielinātu savu peļņu un savstarpēji konkurētu. Šis raksts ir par konkrētu gadījumu, kurā parādās papildus pieņēmums, ka ir iespējams veidot koalīciju ar citiem uzņēmumiem. Šajā gadījumā ir gaidāms savstarpējs izdevīgums. Piedāvātā stratēģija balstās uz daļu no reālā projekta ar plānotajām 330kV un 110 kV augstsprieguma elektropārvades līnijām, kā arī optiskiem sakaru kanāliem.

## III. KOALĪCIJA FORMĒŠANAS IZSKATĪŠANA, PLĀNOJOT ENERĢĒTIKAS UZDEVUMUS

### A. Spēle - Teorētiska pieeja plānošanas uzdevumā

$$\{I, S = \prod_i \{S_i\} \mid i \in I, R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}\} \quad (1)$$

B. Peļņas sadale starp no koalīcijas dalībniekiem – Shapley vektors

$$c_i = R(S \cup \{i\}) - R(S) \quad (2)$$

## V. EKONOMISKAIS PAMATOJUMS PIEDĀVĀTAJAM UZDEVUMAM

Nepieciešamā caurlaides spēja izskatītajām elektropārvades līnijām var tikt nodrošināta sekojoši:

- ja ir 330 kV elektriskā ķēde, tad nepieciešami 2000A;
- ja ir 110 kV elektriskā ķēde, tad nepieciešami 1200A.

Bez tam pastāv nepieciešamība veidot optisko sakaru līnijas, kas ievada trešo kompāniju.

Konkrētam gadījumam un noteikumiem mums ir piecas kombinācijas no visa projekta realizācijai, gan jaudas pārvades un optiskiem tīkliem. Gadījumā, ja organizē koalīciju ar diviem vai trim uzņēmumiem, ir nepieciešams sadalīt papildus ieņēmumus, izmantojot Shapley vērtību, kas paredz vienošanos un apstiprināšanu katram uzņēmumam.

Mūsu piemērā apskatām katra uzņēmuma priekšrocības projektēšanas stadijā, tas ir, ietverot pārvades līniju būvniecības izmaksas un optisko sakarus katrā attiecīgā gadījumā.

Kopumā nepieciešamās izmaksas un starposma aprēķini par visiem variantiem, gan individuālo, gan kooperatīvo uzņēmumu, ir sniegti 1.tabulā.

## I. TABULA

KOPĒJĀS IZMAKSAS VISIEM VARIANTIEM, IESKAITOT INDIVIDUĀLO UN KOOPERATĪVO RĪCĪBU

Rīcība	Projektu realizēšanas varianti	Investīcijas, r.u.		
		Koalīcijai	Neatkarīgai kompānijai	Kopējais
Individuāla	A	-	25 431 435	25 431 435
	B	-	20 414 642	20 414 642
	C	-	3 657 649	3 657 649
	A, B, C	Kopējās investīcijas individuālām kompānijām A, B, C		49 503 726
Kooperatīva	AB/C	29 952 795	3 657 649	33 610 444
	AC/B	26 340 035	20 414 642	46 754 677
	BC/A	21 323 242	25 431 435	46 754 677
	ABC	30 861 395	-	30 861 395

## VI. SECINĀJUMI

1) Metodes pamatā ir spēļu teorijas, kas var palīdzēt pieņemt pareizos lēmumus, attīstot piegādes avotus un elektroenerģijas pārvadi. Jo īpaši efektīva metode ir izmantot sadarbības spēli ar spēju izveidot koalīciju.

2) Piedāvātā metode ir piemērota reālā projektā ar plānotajām augstsprieguma pārvades līnijām 330 kV un 110 kV, kā arī optisko sakaru līnijām. Tas parāda lielisku rezultātu un vērā ņemamu peļņu. Metodi piemērosim dažādiem citiem uzdevumiem, kur patstāvīgie uzņēmumi var iegūt papildus izdevīgumu, ja veido koalīciju ar citiem tirgus dalībniekiem.

## LITERATŪRA

- [12] Igor Moshkin, Svetlana Berjozkina, Antans Sauhats "Solving of Transmission Network Development Tasks in Market and Uncertainty Conditions", in Proc. of 9th International Conference on the European Energy Market, Florence, 2012, pp. 1-7.

# Создание питающих и оптических сетей с помощью кооперативного подхода теории игр

Antans Sauhats (Riga Technical University – RTU) and Igor Moshkin (RTU)

**Ключевые слова (англ.)** – Electrical engineering, optical communication lines, power transmission, transmission lines, game theory, decision-making.

кооперативное поведение компаний представлены в Таблице I.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Стремление мирового сообщества к увеличению энергетической эффективности питания и уменьшению влияния энергетики на окружающую среду мотивируются процессом реструктуризации. В результате монополии, которые обеспечивают энергоснабжение, заменяются многочисленными независимыми компаниями, которые стремятся увеличить свои прибыли и конкурируют друг с другом. Эта статья посвящена конкретному случаю, в котором появляется дополнительное предположение о возможности формирования коалиции с другими компаниями. В этом случае ожидается взаимная выгода. Предлагаемая стратегия основана на части реального проекта с проектируемыми высоковольтными линиями электропередачи 330 кВ и 110 кВ, а также оптическими линиями связи.

## III. РАССМОТРЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОАЛИЦИИ В ПЛАНИРОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

*A. Игра, теоретический подход планируемой задачи:*

$$\{I, S = \prod_i \{S_i\} i \in I, R = \{R_1, R_2 \dots R_n\}\} \quad (1)$$

*B. Распределение прибыли между членами коалиции – Вектор Шепли*

$$c_i = R(S \cup \{i\}) - R(S) \quad (2)$$

## V. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ ЗАДАЧИ

Необходимая пропускная способность рассматриваемых линий электропередач может быть достигнута следующим образом:

- a) при цепи 330кВ необходим ток 2000А;
- b) при цепи 110кВ необходим ток 1200А;

Кроме того, существует также необходимость создания оптической линии связи, которая находится в ведении третьей компании.

Для данных условий у нас имеется пять комбинаций реализации всего проекта для линий электропередач и оптических сетей. В случае организации коалиции двух или трех компаний необходимо распределить дополнительный доход с помощью вектора Шепли, который требует согласования и утверждения каждой компании.

В нашем примере мы рассмотрим преимущества каждой компании на стадии проектирования, т.е. с учетом стоимости строительства линий электропередач и оптических сетей в каждом рассматриваемом случае.

Необходимый общий объем расходов и промежуточные расчеты для всех вариантов включая индивидуальное и

ТАБЛИЦА I.

ОБЩИЕ ЗАТРАТЫ НА ВСЕ ВАРИАНТЫ, ВКЛЮЧАЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЕ И КООПЕРАТИВНОЕ ПОВЕДЕНИЕ

Повед.	Варианты реализации проекта	Инвестиции, у.е.		
		Для коалиции	Для индивид. компании	Всего
Индивидуальное	A	-	25 431 435	25 431 435
	B	-	20 414 642	20 414 642
	C	-	3 657 649	3 657 649
	A, B, C	Общие инвестиции для индивид. компаний A, B, C		49 503 726
Кооперативное	AB/C	29 952 795	3 657 649	33 610 444
	AC/B	26 340 035	20 414 642	46 754 677
	BC/A	21 323 242	25 431 435	46 754 677
	ABC	30 861 395	-	30 861 395

## VI. Выводы

1) Методы, основанные на теории игр, могут способствовать принятию правильного решения в развитии источников снабжения и передачи электроэнергии. В частности, эффективным методом является использование кооперативной игры с возможностью создания коалиции.

2) Предложенный метод был применен в реальном проекте с проектируемыми высоковольтными линиями электропередачи 330 кВ и 110 кВ, а также оптическими линиями связи. Он показывает отличный результат и высокий уровень прибыли. Метод применим также в различных других задачах, где независимые компании могут получить дополнительную выгоду путем формирования коалиции с другими участниками рынка.

## ЛИТЕРАТУРА

- [12] Igor Moshkin, Svetlana Berjozina, Antans Sauhats "Solving of Transmission Network Development Tasks in Market and Uncertainty Conditions", in Proc. of 9th International Conference on the European Energy Market, Florence, 2012, pp. 1-7.