



Оптимизация электроэнергетического режима с учетом рыночных механизмов

08.10.2025

Докладчик: Курналеева А.А.

Научный руководитель: Тульский В.Н.

каф. электроэнергетических систем, ИЭЭ МЭИ

Актуальность. Цель и задачи работы

ограничения на переток активной мощности
в контролируемом сечении (МДП)



**СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

обеспечение **надежной** работы энергосистемы:
недопустимость превышения перетока в
контролируемом сечении заданного значения МДП



Цель работы - найти оптимальное
решение по управлению
перетоками активной мощности



атс

обеспечение **экономичной** работы работы
энергосистемы: недостаточная пропускная способность
электрических сетей приводит к формированию
аномально высоких или нулевых цен*



Задачи работы: составить целевую
функцию для оптимизации режима,
оценить благосостояние участников РСВ
для полученных оптимальных решений

Оптимизация режимов

Подход 1

существующий подход,
учитывающий технические аспекты*

Целевая функция (1):

$$\Delta P_{\Sigma} \rightarrow \min$$

минимизация **потерь** активной мощности в элементах электрической сети

В ПВК «RastrWin3» оптимизация режима по целевой функции производится за счет ИРМ, коэффициентов трансформации

Подход 2

*предлагаемый подход,
учитывающий технические и рыночные аспекты*

Целевая функция (2):

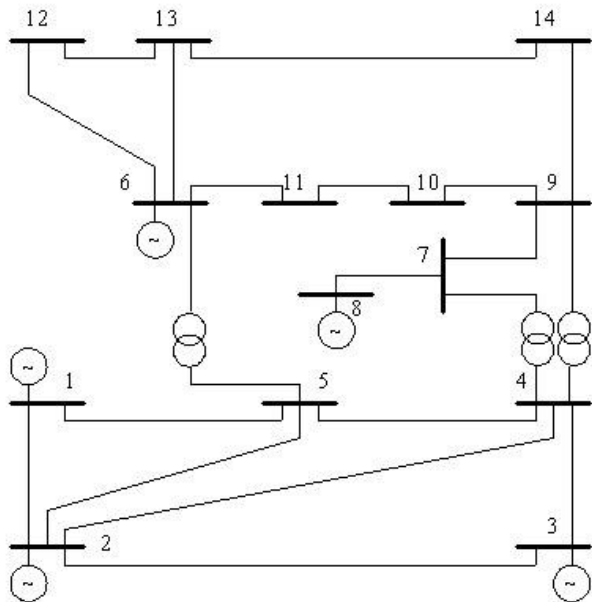
$$C_{\text{пот}} \cdot \Delta P_{\Sigma} + C_{\text{сеч}} \cdot P_{\text{сеч}} \rightarrow \min$$

минимизация **стоимости** потерь активной мощности и стоимости «запертых» сечений

Целевая функция позволяет достичь баланса между техническими требованиями (Системный оператор) и рыночными (Коммерческий оператор)

Исходные данные

Суммарные потери активной мощности при установке ИРМ
в различные узлы энергосистемы



Тестовая модель IEEE-14*

№ узла с ИРМ	$S_{Г\ шбм}, \text{ МВА}$	$P_{\text{сеч}}, \text{ МВт}$	$\Delta P_{\Sigma}, \text{ МВт}$
Без ИРМ	$221,61 + j1,71$	140,20	19,48
Узел 2	$222,61 - j31,61$	141,53	19,49
Узел 3	$221,06 - j9,10$	139,70	19,46
Узел 4	$222,99 - j35,39$	140,76	19,15
Узел 5	$223,83 - j40,00$	140,57	19,42
Узел 6	$223,93 - j29,74$	140,96	19,49
Узел 7	$222,58 - j12,66$	141,11	19,52
Узел 8	$223,66 - j26,55$	141,25	19,66
Узел 9	$223,47 - j24,64$	141,27	19,28
Узел 10	$223,19 - j27,42$	140,80	19,53
Узел 11	$223,67 - j19,46$	140,97	19,75
Узел 12	$223,50 - j15,82$	140,80	19,77
Узел 13	$223,79 - j20,67$	141,15	19,43
Узел 14	$222,80 - j0,29$	141,27	19,51

Оптимизация режима

$$C_{\text{пот}} = 3143,6 \text{ руб/МВт}$$



$$C_{\text{сеч}} = \frac{\text{Стоимость новая} - \text{Стоимость исходная}}{\Delta \text{МДП}}$$

$$\text{Стоимость новая} = (P'_{г2} \cdot Ц'_{2} + P'_{г1} \cdot Ц'_{1})$$

$$\text{Стоимость исходная} = (P_{г2} \cdot Ц_{2} + P_{г1} \cdot Ц_{1})$$

$$Ц_{1} = Ц_{бу} = 1500 \text{ руб/МВт}\cdot\text{ч}$$

$$Ц_{2} = Ц_{цз} = 2000 \text{ руб/МВт}\cdot\text{ч}$$

Результаты оптимизации режима по целевой функции №1 и целевой функции №2

№ узла с ИРМ	$C_{\text{сеч}}$, руб/МВт	$P_{\text{сеч}}$, МВт	ΔP_{Σ} , МВт	ЦФ 1, МВт	ЦФ 2, руб
Без ИРМ	2121,16	140,20	19,48	19,48	358625,0
Узел 2	1010,21	141,53	19,49	19,49	204270,0
Узел 3	0	139,70	19,46	19,46	61181,2
Узел 4	1028,19	140,76	19,15	19,15	204915,0
Узел 5	1012,03	140,57	19,42	19,42	203313,0
Узел 6	157,61	140,96	19,49	19,49	83507,6
Узел 7	1155,23	141,11	19,52	19,52	224364,0
Узел 8	837,41	141,25	19,66	19,66	180078,0
Узел 9	2261,08	141,27	19,28	19,28	380039,0
Узел 10	1158,15	140,80	19,53	19,53	224454,0
Узел 11	2196,0	140,97	19,75	19,75	371669,0
Узел 12	1143,03	140,80	19,77	19,77	223087,0
Узел 13	2241,13	141,15	19,43	19,43	377420,0
Узел 14	1217,57	141,27	19,51	19,51	233350,0

Ценообразование для оптимальных вариантов

Уровень узловых цен для режимов, определенных по целевым функциям №1 и №2

Узловая цена:

$$C_{\text{узл}} = k_{\text{пот}} \cdot C_{\text{бу}} + \min(\sum k_{\text{вл}} \cdot C_{\text{сеч}}; C_{\text{сгл}})^*$$

Благосостояние:

$$B = \sum_j C_{\text{узл}j} \cdot (P_{\text{н}j} - P_{\text{г}j})$$

Благосостояние

участников РСВ при установке ИРМ:

-в узел 3: **176269** руб

-в узел 4: **76515** руб

Узел	Установка ИРМ в узел 3				Установка ИРМ в узел 4			
	$k_{\text{пот}}$	$C_{\text{узл}}$, руб/МВт·ч	$P_{\text{н}}$, МВт	$P_{\text{г}}$, МВт	$k_{\text{пот}}$	$C_{\text{узл сгл}}$, руб/МВт·ч	$P_{\text{н}}$, МВт	$P_{\text{г}}$, МВт
1	1	1500	0	221,06	1	1500	0	222,99
2	1,477	4720,61	21,7	92,0	1,223	2000,0	21,7	92,0
3	1,601	4912,77	94,2	0	1,34	2000,0	94,2	0
4	1,579	4674,44	47,8	0	1,318	2000,0	47,8	0
5	1,552	4469,67	7,6	0	1,294	2000,0	7,6	0
6	1,568	4581,96	11,2	0	1,295	2000,0	11,2	0
7	1,596	4710,20	0	0	1,321	2000,0	0	0
8	1,596	4710,20	0	0	1,321	2000,0	0	0
9	1,607	4736,97	44,3	0	1,329	2000,0	44,3	0
10	1,61	4739,42	13,5	0	1,33	2000,0	13,5	0
11	1,606	4708,78	5,3	0	1,328	2000,0	5,3	0
12	1,62	4737,99	9,2	0	1,34	2000,0	9,2	0
13	1,625	4755,76	20,3	0	1,344	2000,0	20,3	0
14	1,671	4910,99	22,4	0	1,38	2000,0	22,4	0

Заключение

Подход 1

существующий подход,
учитывающий технические аспекты

$$\Delta P_{\Sigma} \rightarrow \min$$

оптимальный режим

установка ИРМ в узел 4
(суммарные потери 19,15 МВт)

благополучие участников РСВ

76515 руб

Подход 2

предлагаемый подход,
учитывающий технические и рыночные аспекты

$$C_{\text{пот}} \cdot \Delta P_{\Sigma} + C_{\text{сеч}} \cdot P_{\text{сеч}} \rightarrow \min$$

оптимальный режим

установка ИРМ в узел 3
(стоимость 61181,2 руб)

благополучие участников РСВ

176269 руб

Оптимизация режима по новому предлагаемому подходу, учитывающему помимо технических аспектов также и рыночные механизмы, позволяет получить режим, который в краткосрочной перспективе (на РСВ) даст наилучший результат по сравнению с решением, полученным лишь при учете технических параметров. В исходном случае благополучие участников составило **79185 руб**, что меньше благополучия участников в предлагаемом оптимизационном подходе