



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ



АО «СО ЕЭС»

РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ПЕРЕТОКОВ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Докладчик: Братчиков Евгений Сергеевич

Организация: Томский Политехнический университет

Руководитель: доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ, к.т.н. Прохоров А.В.

Кемерово,
7 декабря 2023 г.



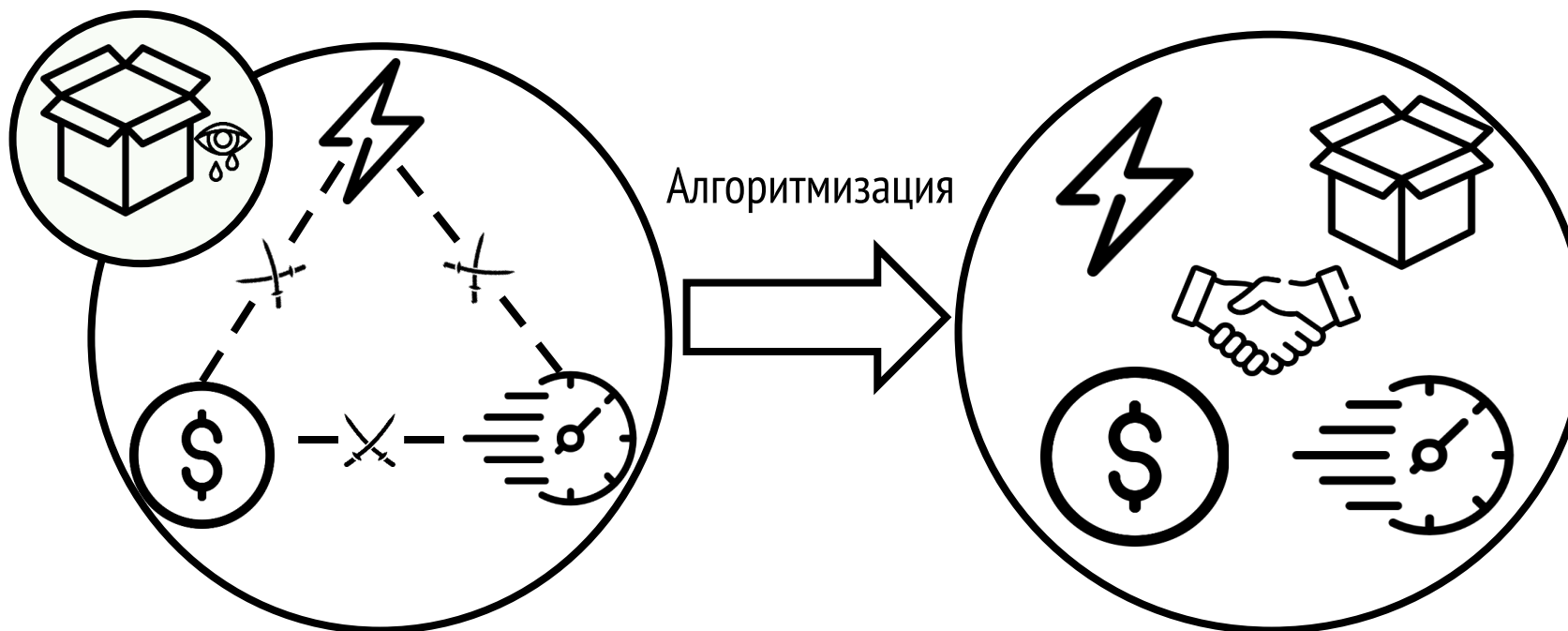
Проблематика работы



При выборе управляющих воздействий на групповые объекты
управления диспетчер должен учитывать:

Источники информации:

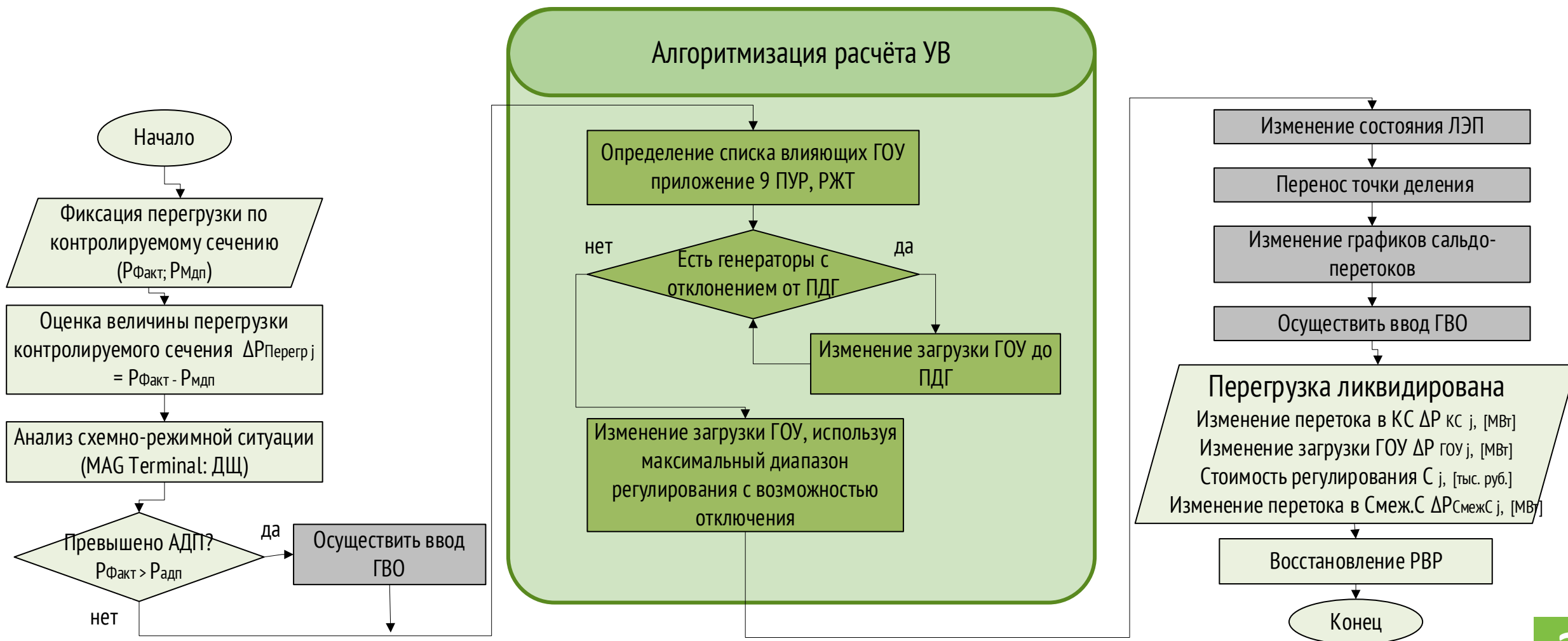
💰 Экономическая эффективность	РЖТ
⚡ Режимный эффект мероприятий по изменению перетока	Приложение 9 ПУР
🕒 Время реализации мероприятий	-
📦 Дополнительный критерий (влияние на переток в смежных сечениях)	Расчет режима





Формализация задачи оперативного регулирования

Ликвидация перегрузки

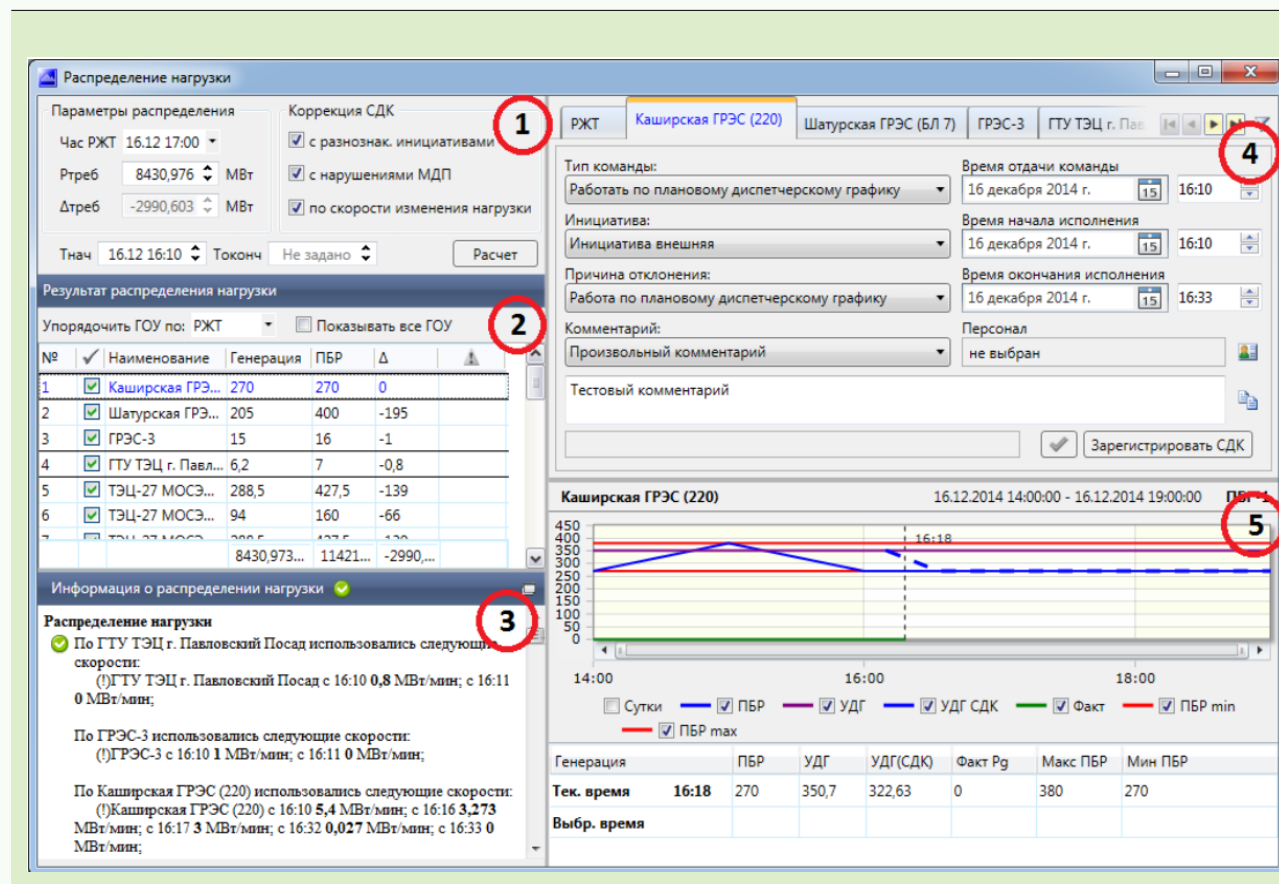


Актуальность проблемы

Назначение компонента «Терминал диспетчера»

Позволяет распределить заданную загрузку на имеющиеся ГОУ, руководствуясь РЖТ.

Распределение нагрузки в «Терминале диспетчера»



Анализ компонента «Терминал диспетчера»

Реализовано в СРДК

- Заполнение команд согласно НТД
- Диспетчер сам выбирает необходимую мощность регулирования
- Есть информация о предполагаемом времени реализации команды

Потребности диспетчерского персонала

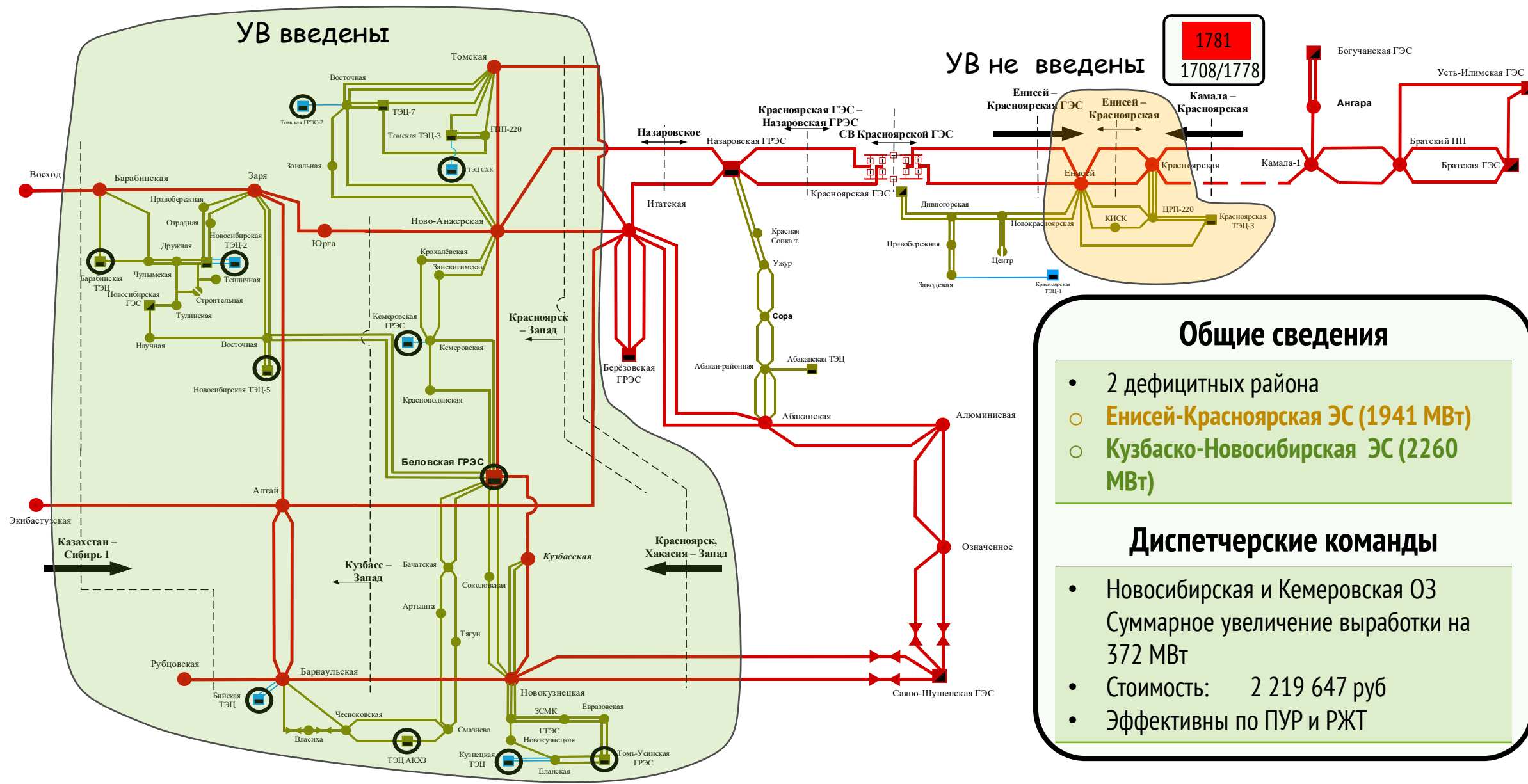
- Возможность выбрать сечение регулирования
- Учитывать режимную эффективность ГОУ
- Коррекция команд с учетом возможности нарушения МДП в смежных сечениях



Описание схемно-режимной ситуации на 13.04.2023



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ



Общие сведения

- 2 дефицитных района
- Енисей-Красноярская ЭС (1941 МВт)
- Кузбаско-Новосибирская ЭС (2260 МВт)

Диспетчерские команды

- Новосибирская и Кемеровская ОЗ
Суммарное увеличение выработки на 372 МВт
- Стоимость: 2 219 647 руб
- Эффективны по ПУР и РЖТ



Описание расчетных алгоритмов

Алгоритм по НТД

1. Формирование списка влияющих ГОУ согласно приложению 9 ПУР и наличия резервов
2. Сортировка списка ГОУ согласно РЖТ

- Распределение УВ согласно НТД

- Влияние на переток в сечении - ПУР
- Экономическая эффективность - РЖТ

Алгоритм 1 (Минимизация расхода резерва)

1. Выбор диспетчером всех ГОУ, оказывающих влияние на переток в КС и имеющих резерв
2. Расчет коэффициента эффективности
3. Сортировка списка ГОУ по коэффициенту эффективности

- Распределение УВ по коэффициенту эффективности, рассчитанному для текущей схемно-режимной ситуации

$$k_{эф \text{ КС}} = \frac{\Delta P_{КС}}{\Delta P_{ГОУ}}$$

$k_{эф \text{ КС}}$ – коэффициент эффективности ГОУ в контролируемом сечении,
 $\Delta P_{КС}$ – величина изменения перетока в КС,
 $\Delta P_{ГОУ}$ – величина изменения мощности ГОУ.



Описание расчетных алгоритмов

Алгоритм 2 (Экономически эффективное распределение)

1-2. Согласно алгоритму 1

3. Расчет удельной стоимости изменения перетока в КС

4. Сортировка списка ГОУ по удельной стоимости

- Распределение УВ по показателю удельной стоимости изменения перетока в сечении

$$C_{уд} = \frac{ЦЗ_{ГОУ}}{k_{эф КС}}$$

$C_{уд}$ – удельная стоимость изменения перетока в КС ГОУ, по РЖТ,
 $ЦЗ_{ГОУ}$ – ценовая заявка ГОУ на балансирующем рынке.

Алгоритм 3 (Предотвращение перегрузки в смежных сечениях)

1-4. Согласно алгоритму 2

5. Расчет коэффициентов эффективности для смежных сечений

6. Исключение из списка, полученного на шаге 4, ГОУ, имеющих высокую степень влияния на перетоки в смежных сечениях

- Распределение УВ по показателю удельной стоимости изменения перетока в сечении с учетом коэффициента эффективности для смежных сечений

$$k_{эф СМС} = \frac{\Delta P_{СМС}}{\Delta P_{ГОУ}}$$

$k_{эф СМС}$ – коэффициент эффективности ГОУ в смежном сечении,
 $\Delta P_{СМС}$ – величина изменения перетока в смежном сечении,
 $\Delta P_{ГОУ}$ – величина изменения мощности ГОУ.



Результаты вычислительных экспериментов

Название ГОУ	Резерв от ПБР	Кэф КС	Кэф ПУР	Кэф см. Наз	Кэф см. Куз	Цена заявки	Удельная стоимость	Алгоритм по НТД	Алгоритм 1	Алгоритм 2	Алгоритм 3	Ст-ть алгоритма по НТД	Ст-ть. алгоритм 1	Ст-ть. алгоритм 2	Ст-ть. алгоритм 3
ТЭС 1 ОЗ Кемеровского РДУ	95	0,677	0,8	0,064	-0,616	2150,0	2897,6	77		95		165550		204250	
ТЭС 2 ОЗ Кемеровского РДУ	10	0,676	0,8	0,064	-0,615	2150,0	2901,5			5				10750	
ТЭС 1 ОЗ Новосибирского РДУ	35	0,636	0,75	0,046	-0,198	2207,0	3180,1				35				77245
ТЭС 2 ОЗ Новосибирского РДУ	10	0,684	0,85	0,033	-0,084	7814,5	10419,3	10	10		10	78145	78145		78145
ТЭС 3 ОЗ Кемеровского РДУ	22	0,691	0,8	0,053	-0,569	8344,2	11008,2		22				183573		
ТЭС 4 ОЗ Кемеровского РДУ	1	0,689	0,8	0,053	-0,565	8354,8	11051,3		1				8355		
ТЭС 5 ОЗ Кемеровского РДУ	7	0,686	0,8	0,033	-0,627	8367,4	11112,1		7				58572		
ТЭС 6 ОЗ Кемеровского РДУ	60	0,679	0,8	0,032	-0,621	8287,3	11138,9		45				372931		
ТЭС 3 ОЗ Новосибирского РДУ	15	0,684	0,85	0,032	-0,07	8586,6	11448,8		15		15		128799		128799
ТЭС 4 ОЗ Новосибирского РДУ	89	0,586	0,75	0,048	-0,014	8158,3	12867,9				40				326331
ТЭС 5 ОЗ Новосибирского РДУ	13	0,613	0,85	0,049	0,006	8599,0	12911,4	13				111787			
ТЭС 1 ОЗ Красноярского РДУ	11	-0,216	н/д	-0,748	-0,642	7767,5	-								
Затраты												355481	830375	215000	610520

Распределение Р = 100 МВт

Результаты демонстрационного эксперимента

Показатели	Алгоритм по НТД	Алгоритм 1	Алгоритм 2	Алгоритм 3
$k_{эф КС сум}$	0,67	0,69	0,68	0,63
Стоимость регулирования, руб.	355481	830375	215000	610520
Изменение перетока (в КС) Камала – Красноярская на запад ($\Delta P_{КС}$), МВт	66,9	69,3	67,7	62,8
Изменение перетока в смежном сечении Кузбасс – Запад, МВт	-48,2	-52,9	-61,6	-9,4



Результаты вычислительных экспериментов



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

Задача расчета минимального
объема управляющих воздействий
для изменения перетока в КС

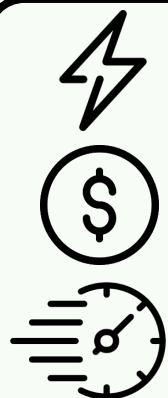
$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta P_{ГОУ} = \sum_j^n \Delta P_{ГОУ j} \rightarrow \min \\ \sum_j^n \Delta P_{ГОУ j} \cdot k_{эф КС j} = \Delta P_{КС} \end{array} \right\}$$

$\Delta P_{ГОУ}$ – рассчитываемый объем УВ,
 j – конкретный ГОУ,
 n – всего рассматриваемых ГОУ

Название ГОУ	Резерв от ПБР	$K_{эф}$ Камала-Красноярская	$K_{эф}$ ПУР	Цена заявки	Удельная стоимость	Команда диспетчера	Алгоритм
ТЭС 1 ОЗ Кемеровского РДУ	95	0,677	0,8	2150,0	2897,6	+	+
ТЭС 2 ОЗ Кемеровского РДУ	10	0,676	0,8	2150,0	2901,5	+	+
ТЭС 1 ОЗ Новосибирского РДУ	35	0,636	0,75	2207,0	3180,1	+	+
ТЭС 2 ОЗ Новосибирского РДУ	10	0,684	0,85	7814,4	10419,3	+	+
ТЭС 1 ОЗ Красноярского РДУ	5	0,676	0,65	8116,1	10953,0	X	+
ТЭС 2 ОЗ Красноярского РДУ	5	0,676	0,65	8123,9	10963,5	X	+
ТЭС 3 ОЗ Кемеровского РДУ	22	0,691	0,8	8344,2	11008,2	+	+
ТЭС 3 ОЗ Красноярского РДУ	14	0,664	0,65	8032,6	11049,1	X	+
ТЭС 4 ОЗ Кемеровского РДУ	7	0,686	0,8	8367,4	11112,1	+	+
ТЭС 5 ОЗ Кемеровского РДУ	15	0,679	0,8	8277,3	11125,4	+	+
ТЭС 6 ОЗ Кемеровского РДУ	60	0,679	0,8	8287,3	11138,9	+	+
ТЭС 7 ОЗ Кемеровского РДУ	1	0,676	0,8	8289,5	11187,0	+	+
ТЭС 3 ОЗ Новосибирского РДУ	15	0,684	0,85	8586,6	11448,8	+	+
ТЭС 5 ОЗ Новосибирского РДУ	13	0,613	0,85	8598,9	12867,9	+	+
ТЭС 4 ОЗ Новосибирского РДУ	89	0,586	0,75	8158,2	12911,4	+	+ (67 МВт)
ТЭС 4 ОЗ Красноярского РДУ	11	-0,216	н/д	7767,4	-	X	X

Реализованные на практике УВ

• Время реализации	90	Мин.
• Разгрузка КС	255	МВт
• Объем команд	372	МВт
• Стоимость	2219647	Руб.



43 МВт

352 946 Рублей

Ожидаемое снижение времени
за счет использования более
маневренных ГОУ

Теоретически возможные УВ

• Время реализации	70	Мин.
• Разгрузка КС	255	МВт
• Объем команд	329	МВт
• Стоимость	18666701	Руб.



Основные выводы

-  1. Расчет коэффициента эффективности для текущей схемно-режимной ситуации позволяет выбирать ГОУ, оказывающие больший режимный эффект.
-  2. Расчет показателя удельной стоимости изменения перетока в контролируемом сечении позволяет одновременно читать критерии режимной и экономической эффективности.
-  3. Учет дополнительного критерия минимизации изменений перетоков в смежных сечениях возможен, но целесообразен лишь в случае возникновения соответствующих рисков.
-  4. Предлагаемые алгоритмы нуждаются в автоматизации и интеграции с СРДК.
-  5. Для оценки иных дополнительных критериев, влияющих на изменение выбора УВ, целесообразно представить дополнительные и рассмотренные в работе критерии в виде целевой функции и использовать алгоритмы оптимизации.



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ



**РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ ПРИ
ОПЕРАТИВНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ПЕРЕТОКОВ
АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

Спасибо за внимание!

Докладчик: Братчиков Евгений Сергеевич
Организация: Томский Политехнический университет
Руководитель: доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ, к.т.н. Прохоров А.В.

Кемерово,
7 декабря 2023 г.