

# Выбор состава включенного генерирующего оборудования и сечений для противоаварийного отключения от внешней сети в симуляторе Минигрид

Конференция Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири «Планирование и управление электроэнергетическими системами»

Новосибирский государственный  
технический университет

[nstu.ru](http://nstu.ru)

Институт автоматизации  
энергетических систем

[iaes.ru](http://iaes.ru)



**НГТУ  
НАТИ**

**Выполнил:**

Ожулас Владис Алисович

*Аспирант кафедры АЭЭС,  
Инженер отдела  
исследования свойств  
ЭЭС и проектирования ПА*

**Руководитель:**

Фишов Александр  
Георгиевич

*д.т.н., профессор*

# Описание объекта симуляции

**Симулятор Минигрид** – компьютерная имитационная модель установившихся и переходных режимов в сети Минигрид, для демонстрации работы системной автоматики Минигрид, с целью обучения диспетчерского персонала объектов, использующих данную технологию, а также обучения студентов технических университетов.

**Минигрид** – локальная система электроснабжения (ЛСЭ) с источниками электрической энергии суммарной мощностью 1-25 МВт, подключенная к распределительной сети 6-110 кВ, способная работать, как автономно, так и параллельно с внешней сетью, а также устойчиво и безопасно переходить из режима автономной работы в параллельный и наоборот под управлением автоматики, независимой от внешней сети.

**Системная автоматика Минигрид** – взаимодействующий комплекс противоаварийной, режимной автоматик и автооператора переходов из режимов параллельной работы в автономный и наоборот, а также выбор состава работающих энергоблоков на электростанции ЛСЭ и управления их мощностью для осуществления требуемого режима.

**Объект малой генерации** – расположенные в непосредственной близости от потребителя одна или несколько генерирующих установок, соответствующие одновременно следующим критериям:

- установленная мощность - менее 25 МВт;
- высший класс напряжения распределительного устройства установок
- менее 110 кВ. (ГОСТ Р 58092.1-2018)

ВСВГО и сечения для противоаварийного отделения в симуляторе Минигрид

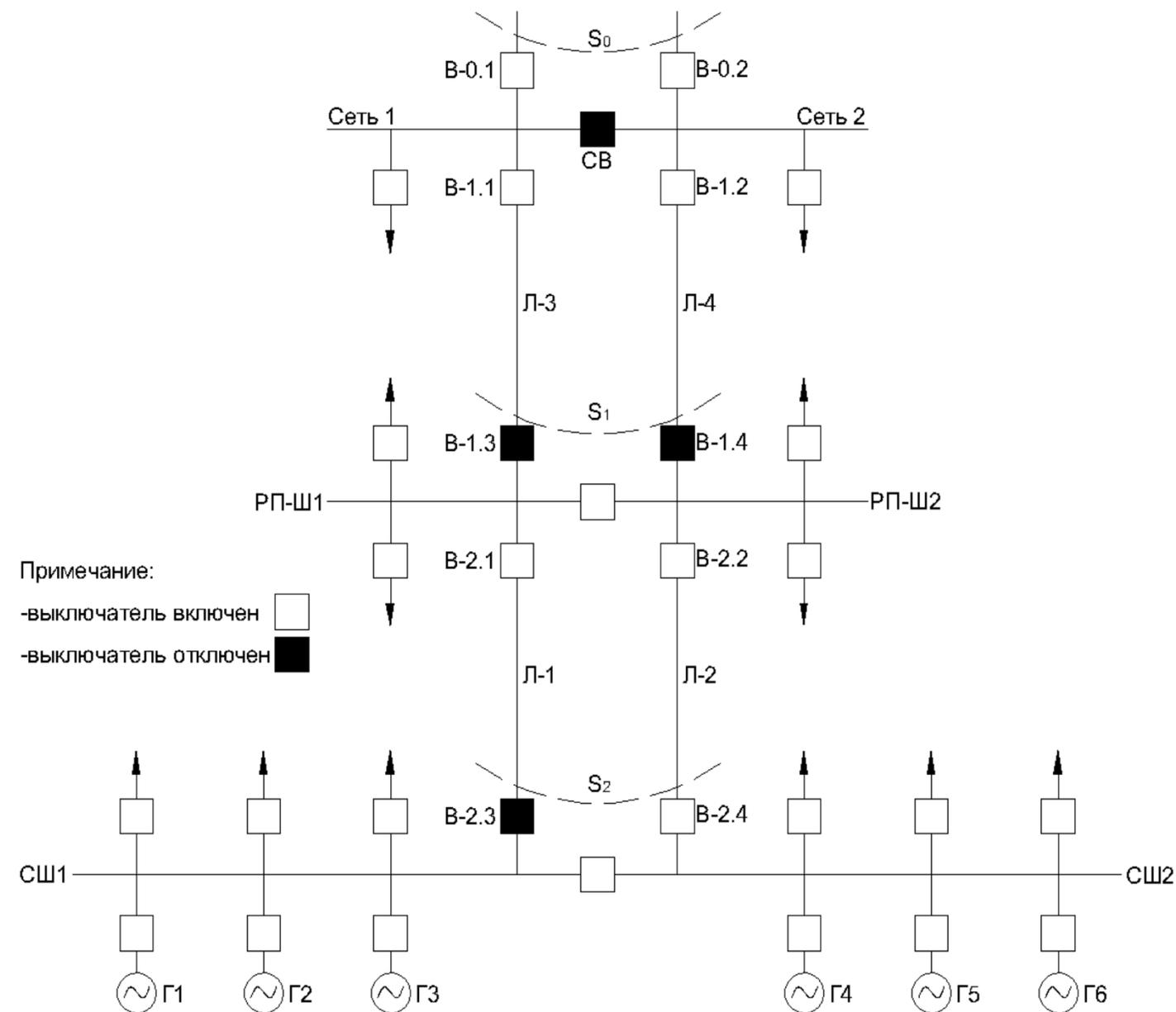


Схема выдачи мощности мини-ТЭЦ в Минигрид в режиме островной работы



## Цель

Обеспечить оптимальный выбор состава включенного генерирующего оборудования (ВСВГО) и сечений для противоаварийного сбалансированного отделения от внешней электрической сети на базе симулятора Минигрид

## Задачи

- Формализация задачи ВСВГО и сечения для противоаварийного отделения для цели “Выдача максимальной свободной генерирующей мощности электростанции Минигрид во внешнюю сеть”;
- Определить ограничения при оптимизации ВСВГО;
- Определить на основе сформированных ограничений, область допустимых режимов для выбора состава и сечений.
- Формализация задачи ВСВГО и сечения для смежных целей управления;
- Реализация оптимального выбора в симуляторе

# Цели и задачи

# Формализация задачи ВСГО и сечения

Целевая функция:

$$P_{\text{выд}} \rightarrow \max$$

Выдачу мощности могут обеспечить только энергоблоки, находящиеся в работе и резерве:

$$n_{\text{э}} = n_{\text{Б}} + n_{\text{С}} - n_{\text{Сер}}$$

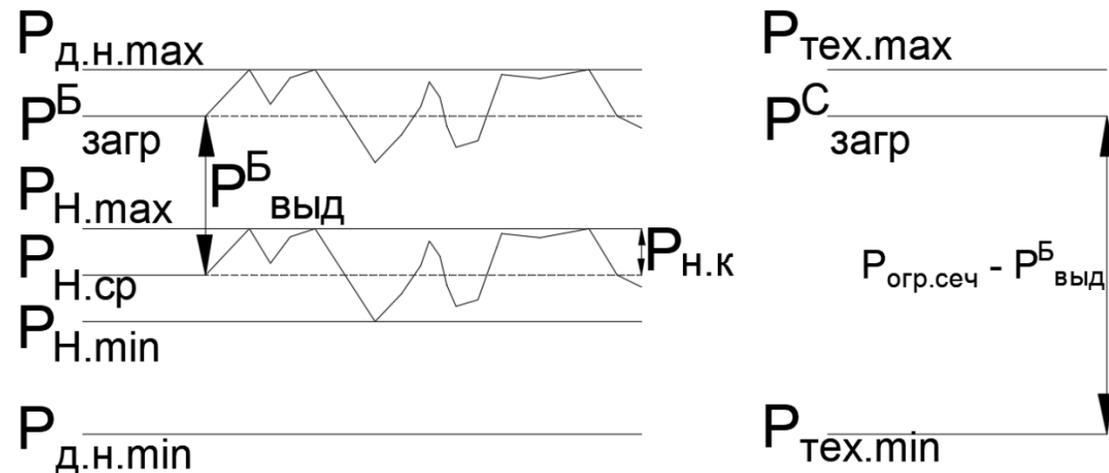
С учетом ограничений типа неравенств формализация задачи будет выглядеть следующим образом:

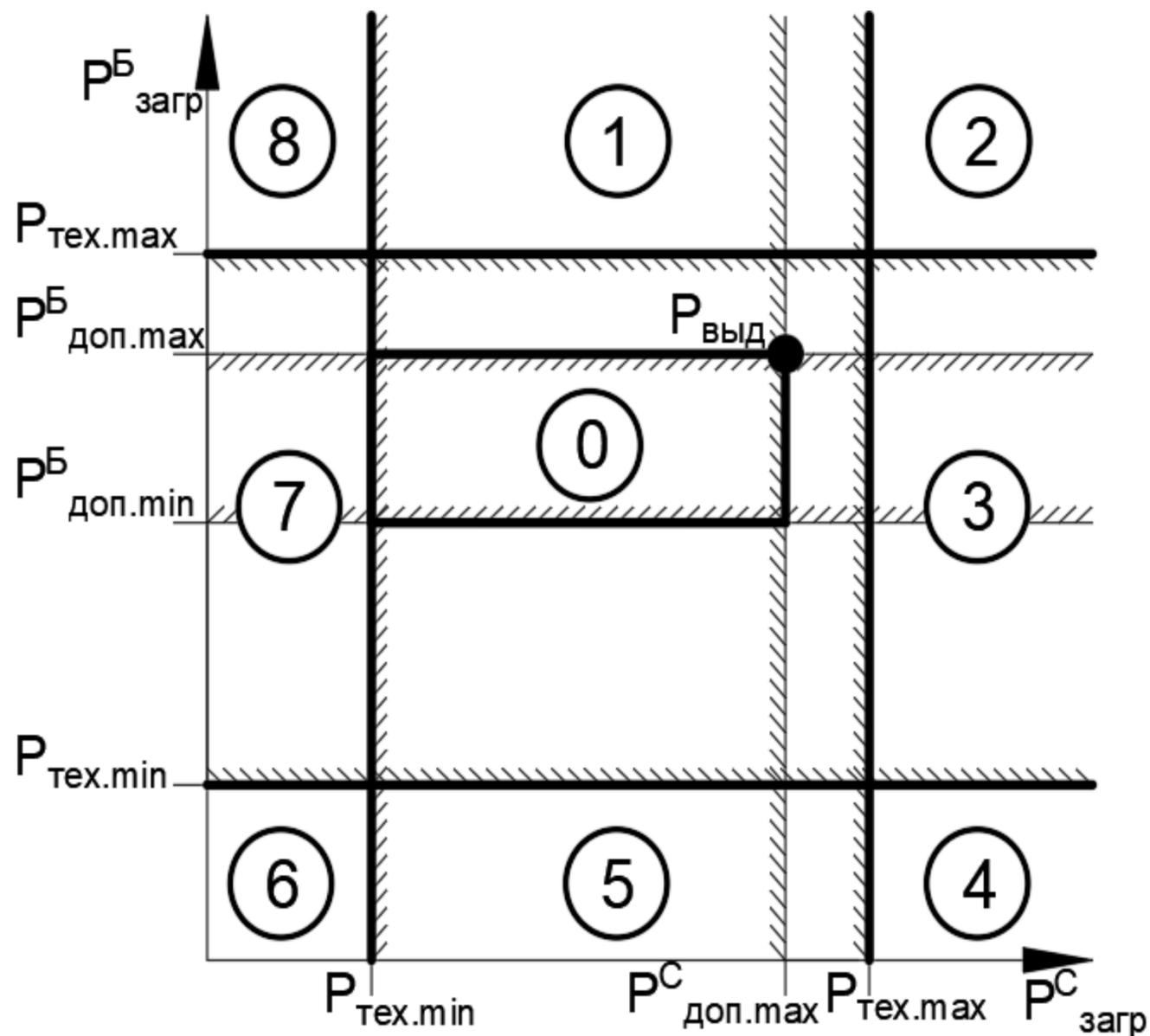
$$P_{\text{выд}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{Б}}} P_{\text{загр}i}^{\text{Б}} - \frac{P_{\text{Н.ср}}^{\text{инт}}}{n_{\text{Б}}} + \sum_{i=0}^{n_{\text{С}}} P_{\text{загр}i}^{\text{С}} \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} P_{\text{тех.мин}} \leq P_{\text{загр}i}^{\text{Б}} \leq P_{\text{тех.макс}} ; \\ P_{\text{тех.мин}} \leq P_{\text{загр}i}^{\text{С}} \leq P_{\text{тех.макс}} ; \\ P_{\text{доп.мин}i}^{\text{Б}} \leq P_{\text{загр}i}^{\text{Б}} \leq P_{\text{доп.макс}i}^{\text{Б}} ; \\ P_{\text{доп.мин}i}^{\text{С}} \leq P_{\text{загр}i}^{\text{С}} \leq P_{\text{доп.макс}i}^{\text{С}} . \end{cases}$$

**Загрузка энергоблоков имеет следующие ограничения:**

- Загрузка балансирующих и свободных энергоблоков не должна быть ниже или выше технологического минимума или максимума соответственно;
- Загрузка балансирующих энергоблоков должна обеспечивать собственную нагрузку с учетом ее нерегулярных колебаний;
- Загрузка балансирующих энергоблоков не должна превышать величины допустимого небаланса при сбросе/набросе мощности в результате спорадического отделения Минигрид от внешней сети;
- Загрузка свободных энергоблоков не должна приводить к нарушению ограничения на максимально разрешенную выдачу мощности по сечению .



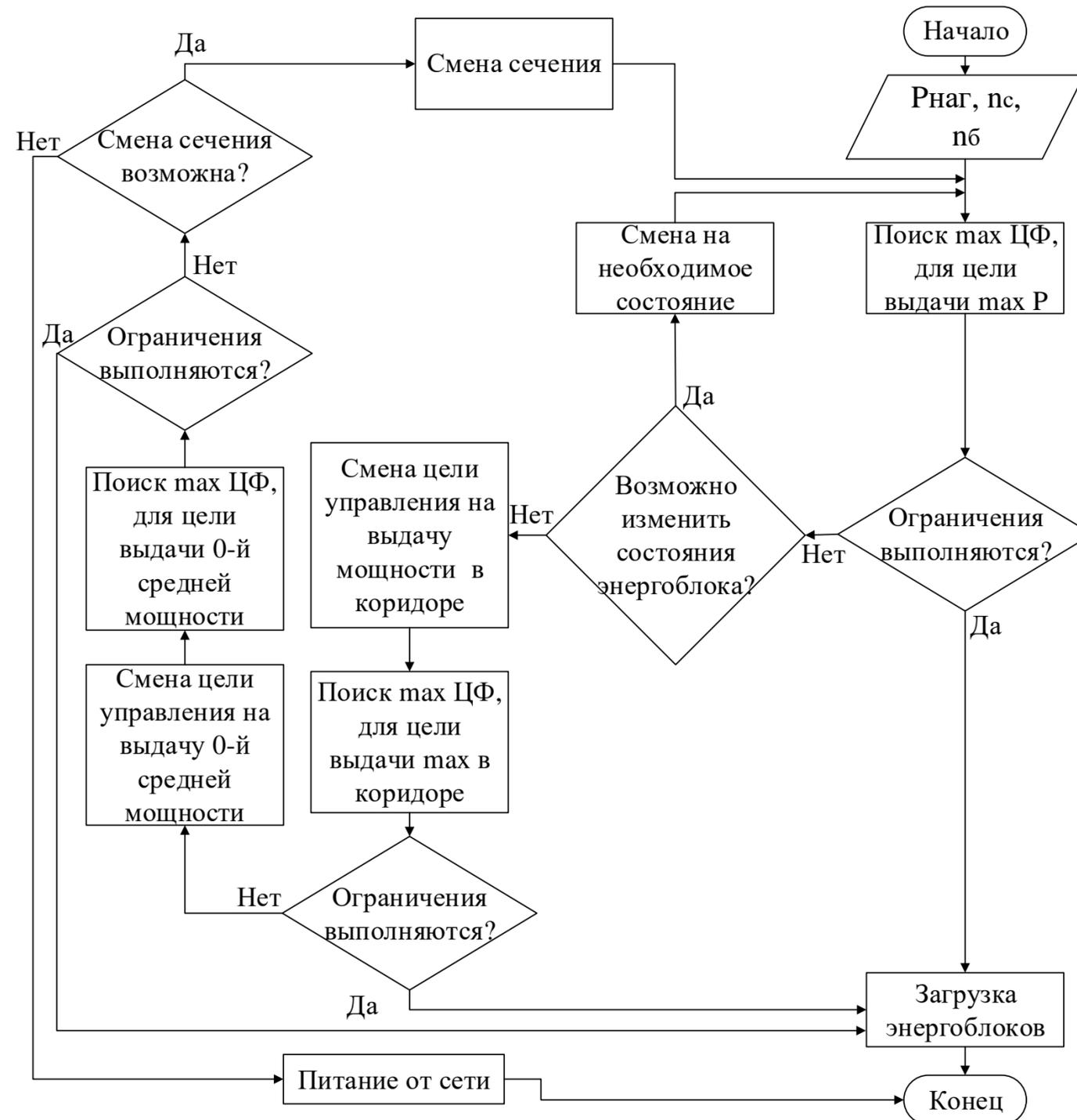


Область допустимых режимов с зонами для выбора состава генераторов и сечения

Обозначенные зоны характеризуют следующие условия и тип воздействия (увеличение  $\uparrow$  или уменьшение  $\downarrow$  - состава энергоблоков):

- 1  $P_{загр_i}^B \geq P_{тех.max} \rightarrow n_B \uparrow$ ;
- 2  $P_{загр_i}^B \geq P_{тех.max}$  и  $P_{загр_i}^C \geq P_{тех.max} \rightarrow n_B \uparrow$  и  $n_C \uparrow$ ;
- 3  $P_{загр_i}^C \geq P_{тех.max} \rightarrow n_C \uparrow$ ;
- 4  $P_{загр_i}^B \leq P_{тех.min}$  и  $P_{загр_i}^C \geq P_{тех.max} \rightarrow n_B \downarrow$  и  $n_C \uparrow$ ;
- 5  $P_{загр_i}^B \leq P_{тех.min} \rightarrow n_B \downarrow$ ;
- 6  $P_{загр_i}^B \leq P_{тех.min}$  и  $P_{загр_i}^C \leq P_{тех.min} \rightarrow n_B \downarrow$  и  $n_C \downarrow$ ;
- 7  $P_{загр_i}^C \leq P_{тех.min} \rightarrow n_C \downarrow$ ;
- 8  $P_{загр_i}^B \geq P_{тех.max}$  и  $P_{загр_i}^C \leq P_{тех.min} \rightarrow n_B \uparrow$  и  $n_C \downarrow$ ;

# Структура Выбора оптимального состава генераторов и контролируемого сечения



Блок-диаграмма ВСВГО и контролируемого сечения

Представленный подход к формализации и решению задачи оптимального ВСВГО и сечения для противоаварийного отделения Минигрид применим и к другим целям управления, таким как:

- Самобалансирование нагрузки при автономной работе Минигрид;
- Самобалансирование нагрузки при выдаче нулевой средней мощности в режиме параллельной работы;
- Удержание мощности в коридоре с выдачей максимальной мощности свободными генераторами (регулирование небаланса нагрузки производится сечением);
- Выдача мощности по графику;
- Потребление заданной мощности.

Основой будет служить та же целевая функция, за исключением диапазона разрешенной загрузки энергоблоков, при этом общий вид останется неизменным

## Заключение

# Выбор состава включенного генерирующего оборудования и сечений для противоаварийного отселения от внешней сети в симуляторе Минигрид



[www.iaes.ru](http://www.iaes.ru)

Контактная информация:  
Новосибирская область, г. Новосибирск,  
ул. Железнодорожная, д. 12/1, 6 этаж  
Телефон: +7(383) 363-02-65  
Email: [iaes@iaes.ru](mailto:iaes@iaes.ru)

Конференция Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири «Планирование и управление электроэнергетическими системами»

Новосибирский государственный  
технический университет

[nstu.ru](http://nstu.ru)



НГТУ  
НЭТИ

## **Выполнил:**

Ожупас Владис Алисович  
*Аспирант кафедры АЭЭС,  
Инженер отдела  
исследования свойств  
ЭЭС и проектирования ПА*

## **Руководитель:**

Фишов Александр  
Георгиевич  
*д.т.н., профессор*