



ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕТОКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ В РАМКАХ ЕДИНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

«Дельфин»

Карпович Максим Дмитриевич

maxim.karpovich.2000@gmail.com

+375 25 781-28-34

СОСТАВ КОМАНДЫ



Карпович Максим

Руководство проектом, создание целевых функций



Шилин Антон

Разработка решения



Роленок Дмитрий

Анализ исходных данных

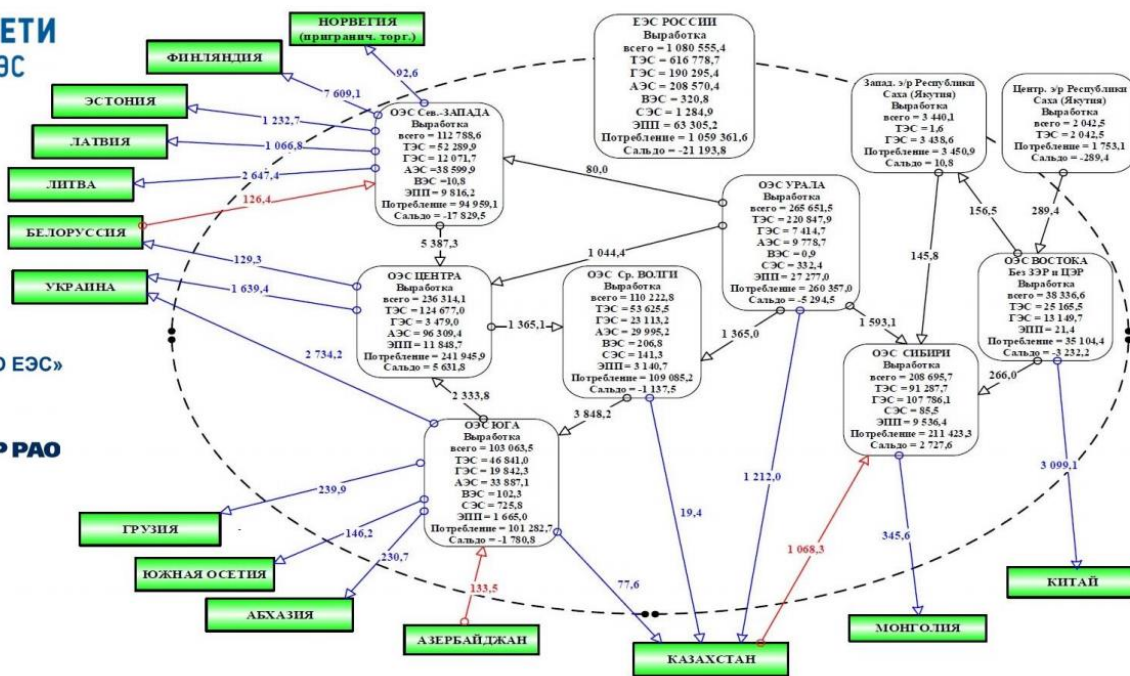


Давидовский Никита

Проведение расчётов

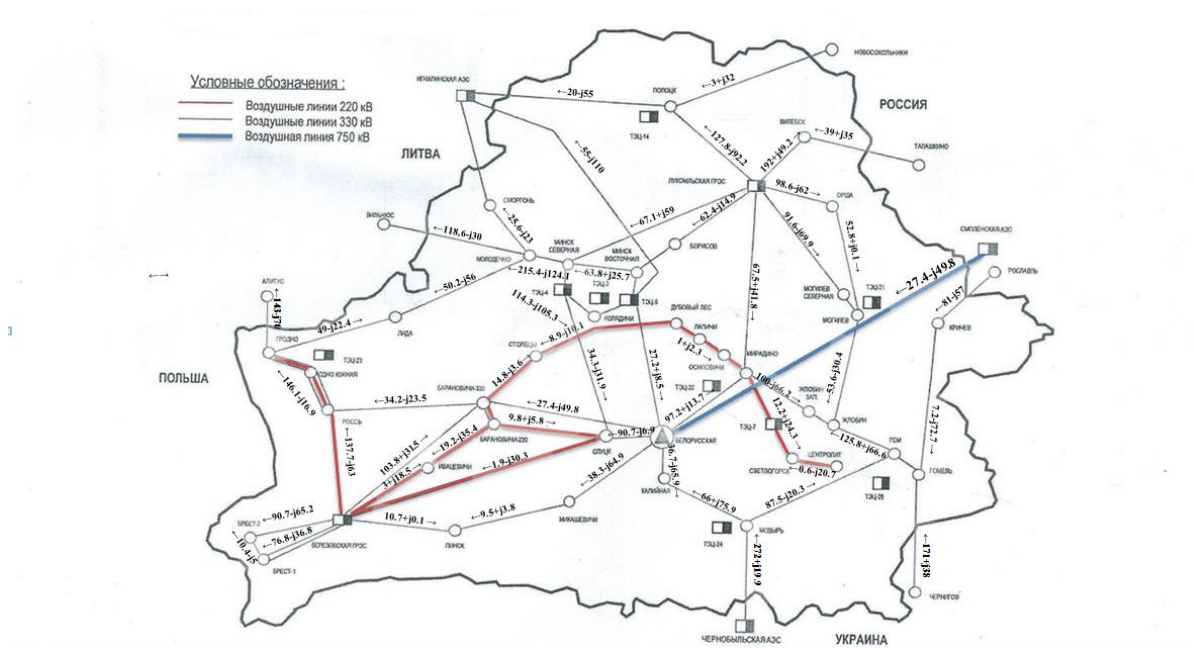
АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Структура передачи электроэнергии в ЕНЭС



АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Структура передачи электроэнергии в ОЭС
(Республика Беларусь)



АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Карта межрегиональных перетоков электроэнергии



РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЙ

Целевая функция в детерминированной постановке для суточного режима может быть сформулирована в виде:

$$Z = \{\sum_{t=1}^{24} a_{1t}Y_{1t}(p) + a_{2t}Y_{2t}(B) + a_{3t}Y_{3t}(\pi) + a_{4t}Y_{4t}(R) + a_{5t}Y_{5t}(H) + a_{6t}Y_{6t}(3p) + a_{7t}Y_{7t}(\Delta p)\} \rightarrow \min,$$

где $\alpha_{1t}, \dots, \alpha_{7t}$ – весовые корректирующие коэффициенты стоимости, определяемые на основании экспертных оценок специалистов диспетчерских и экономических служб. Здесь $Y_{1t}(p)$ – суммарное отклонение величин перетоков мощности от запланированных значений по контролируемым линиям связи, где организован учет часовых отклонений потребления ЭЭ областными энергосистемами от заявленных величин. $Y_{2t}(B)$ – суммарный расход топлива на электростанциях. Задача суточной оптимизации сводится к определению таких значений электрических мощностей электростанций (ЭС) в каждый час суток для прогнозируемого электропотребления, при котором обеспечивается минимум целевого функционала при соблюдении основных ограничивающих условий по балансу мощностей ЭЭС, входящих в состав энергосистемы, по регулировочному диапазону каждой ЭС и режимным ограничениям. $Y_{3t}(\pi)$ – суммарные потери мощности в энергообъединении. При составлении эквивалентной схемы замещения основные перетоки мощности от шин передающих подстанций (П/СТ) избыточной энергосистемы представлены в виде генерирующих узлов, а шины принимающих П/СТ дефицитной энергосистемы – в виде потребительских узлов.

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЙ

$Y_{4t} = 1/R$. $Y_{5t}(H)$ – показатель системной надежности, который в самом общем виде может быть записан, как показатель эффективности работы ОЭС следующим образом:

$$F = \frac{\sum_{l=1}^N A_l(t) - \Delta A_{\Sigma}(t)}{\sum_{l=1}^N A_l(t)}, \quad l \in N, t \in T,$$

где $\sum_{l=1}^N A_l(t)$ -- суммарная энергия, потребляемая элементами системы, причем, в зависимости от типа рассматриваемого элемента она может быть генерируемая, передаваемая и потребляемая; $\Delta A_{\Sigma}t$ – суммарный недоотпуск ЭЭ по всей ОЭС; T – полное время, за которое рассчитывается недоотпущенная ЭЭ; l – текущий индекс элемента системы.

В этом случае для приближенной оценки этого показателя можно принять: $Y_{5t}=1/F$.

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЙ

В детерминированной постановке эффект снижения электропотребления от изменения напряжения можно выразить следующим соотношением:

$$C = \sum_{t=1}^T [1/\tau k_U \Delta P_t(\Delta U) + \xi k_H Y_t(\Delta U)]$$

где τ – плата за заявленный максимум; k_U – регулирующий эффект активной нагрузки по напряжению, выраженный в относительных единицах; $\Delta P_t(\Delta U)$ – фактическое снижение нагрузки, вызванное изменением напряжения на величину ΔU в распределительной сети; k_H – коэффициент, определяющий надежность работы электрооборудования, в том числе и устойчивость крупных синхронных машин; $Y_t(\Delta U)$ – величина ущерба, вызванного отклонением уровня надежности от оптимального значения при изменении напряжения ΔU ; ξ – коэффициент приведения стоимости к текущему значению рублевого эквивалента; t – время работы основного оборудования, для которого определяется ущерб; T – полный расчетный период времени.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ПРОГРАММА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНЫХ НАГРУЗОК

расходные характеристики:

$$B = \sum_{i=1}^{12} B_i,$$

$$B_1 = 0.6 + 0.34 \cdot P_1 + 0.001 \cdot P_1^2$$

$$B_2 = 0.8 + 0.3 \cdot P_2 + 0.0005 \cdot P_2^2$$

$$B_3 = 0.1 + 0.24 \cdot P_3 + 0.0003 \cdot P_3^2$$

$$B_4 = 0.245 + 0.133 \cdot P_4 + 0.205 \cdot P_4^2$$

$$B_5 = 0.021 + 0.250 \cdot P_5 + 0.166 \cdot P_5^2$$

$$B_6 = 0.39 + 0.343 \cdot P_6^2$$

$$B_7 = 0.014 + 0.180 \cdot P_7 + 0.690 \cdot P_7^2$$

$$B_8 = 0.034 + 0.2 \cdot P_8 + 0.24 \cdot P_8^2$$

$$B_9 = 0.38 + 0.35 \cdot P_9 + 0.005 \cdot P_9^2$$

$$B_{10} = 0.25 + 0.28 \cdot P_{10} + 0.064 \cdot P_{10}^2$$

$$B_{11} = 0.029 + 0.15 \cdot P_{11} + 0.015 \cdot P_{11}^2$$

$$B_{12} = 0.048 + 0.22 \cdot P_{12} + 0.03 \cdot P_{12}^2,$$

Система двусторонних ограничений для активной мощности:

$$738 \leq P_1 \leq 2463; 150 \leq P_7 \leq 505;$$

$$310 \leq P_2 \leq 1035; 100 \leq P_8 \leq 345;$$

$$287 \leq P_3 \leq 958; 59 \leq P_9 \leq 195;$$

$$215 \leq P_4 \leq 720; 55 \leq P_{10} \leq 181;$$

$$163 \leq P_5 \leq 544; 54 \leq P_{11} \leq 180;$$

$$160 \leq P_6 \leq 542; 46 \leq P_{12} \leq 155;$$

$$\sum_{i=1}^{12} P_i = 3000; \quad \sum_{i=1}^{12} P_i^2 = 5500,$$

$$\sum_{i=1}^{12} P_i = 7500.$$

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Решение задачи может быть найдено на основе численного метода оптимизации функции нескольких переменных с учетом ограничений. Такого рода численные методы реализованы в системе MATLAB в специальном разделе Optimization Toolbox.

Были получены следующие результаты:

Для ограничений, соответствующих режимам нагрузок:

$$\sum_{i=1}^{12} P_i = 3000 \quad P_1 = 738, P_2 = 435, P_3 = 825, P_4 = 215, P_5 = 163, P_6 = 160, P_7 = 150, P_8 = 100, P_9 = 59, P_{10} = 55, P_{11} = 54, P_{12} = 46.$$

B = 42507 т у.т.

$$\sum_{i=1}^{12} P_i = 5500 \quad P_1 = 2237, P_2 = 1035, P_3 = 958, P_4 = 215, P_5 = 163, P_6 = 160, P_7 = 150, P_8 = 100, P_9 = 195, P_{10} = 55, P_{11} = 155,46, P_{12} = 76,56;$$

B = 48874 т у.т.

$$\sum_{i=1}^{12} P_i = 7500 \quad P_1 = 2463, P_2 = 1035, P_3 = 958, P_4 = 720, P_5 = 544, P_6 = 483,69, P_7 = 240,31, P_8 = 345, P_9 = 195, P_{10} = 181, P_{11} = 180, P_{12} = 155;$$

B = 316330 т у.т.



ИТОГОВОЕ РЕШЕНИЕ

- Разработаны методологические принципы взаимодействия смежных энергосистем по межсистемным линиям электропередачи.
- Учтены основные показатели качества электроэнергии и статические характеристики потребителей по напряжению и частоте.
- Сформулированы основные компоненты для процесса оптимизации межсистемных перетоков мощности.



Спасибо за внимание!

«Дельфин»
Карпович Максим Дмитриевич
maxim.karpovich.2000@gmail.com
+375 25 781-28-34