

Модель конкурентного отбора заявок для выбора оборудования.

Исходные данные

Набор блоков, участвующих в ВСВГО, значения для них следующих принимаемых условно-постоянными параметров: R_{\min} , R_{\max} блоков (технические), время пуска/останов блока (для времени пуска – с учетом холодного состояния), а также типовые графики набора и сброса нагрузки, min-uptime (по умолчанию принимается 2 часа), min-downtime (по умолчанию – 36 часов) и ограничение на число пусков в неделю (1 раз), скорости набора и сброса нагрузки блока в нормальном диапазоне регулирования.

СО определяет (на базе методики) режимные генераторы.

АТС собирает и передает в СО индикативные ценовые заявки (на пуски и производство электроэнергии) поставщиков в отношении всех блоков и РГЕ (режимных генерирующих единиц) независимо от участия в ВСВГО.

Участники в отношении ГТП генерации, включающих в себя как блочное, так и неблочное генерирующее оборудование, должны выделить в них РГЕ с неблочными частями.

Процедура выбора работающего оборудования (ВСВГО) на неделю

Ординарная неделя для выбора оборудования (ВСВГО) начинается с субботы и заканчивается следующей пятницей. При этом ценовые заявки, подаваемые на ВСВГО Участниками, действуют:

- для ограничений сверху на ценовые заявки на рынке на сутки вперед (далее – РСВ) и на балансирующем рынке (далее – БР) - с 0-00 субботы (день Д) и до 24-00 следующей пятницы.

В день Д-2 (четверг)

1) Поставщики указывают СО верхние пределы для цен в заявках на РСВ (по ГТП) в зависимости от числа включаемых в работу блоков и/или их состава следующим образом:

- для каждого блока b , относящегося к ГТП генерации g , подается трехступенчатая¹ ценовая заявка с параметрами c_b^l - «цены», $P_{bt}^{l\max}$ - «количества» в l -й паре <цена, количество>, $l=1,2,3$, и (при желании) заявка может быть снабжена признаком (*), означающим, что ее надо воспринимать как интегральную по t суток;

- в отдельной заявке задают верхнюю оценку Δ_b стоимости включения в работу блока b из расчета на 1 МВт его R_{\max} , выплачиваемую разово при включении из холодного состояния.

2) СО:

- решает задачу оптимизации **ВСВГО** на предстоящую неделю, сообщает решение Участникам (АТС). Решение определяет на 4 дня (суббота-вторник) выбор состава включенного генерирующего оборудования и на оставшиеся 3 дня недели (среда-пятница) предварительный выбор состава включенного генерирующего оборудования – до следующего дня Д.

В день Д+2 (понедельник)

¹ Рекомендуется подавать 2-хступенчатую заявку: 1-ю «ступеньку» на R_{\min} блока – с 0-й ценой, а 2-ю до R_{\max} блока – с топливной составляющей по одному виду топлива на каждый блок

Корректировка предварительно выбранного состава включенного генерирующего оборудования осуществляется по понедельникам в рамках того же бизнес-процесса и решения аналогичной задачи ВСВГО.

Математическая постановка задачи выбора оборудования

Решается задача оптимизации **ВСВГО** в постановке:

$$\sum_d \sum_{t \in d} \sum_g \left\{ \sum_{b \in g \cap B_{opt}} \{c_b^2 \hat{P}_b^{\min} d_{bt} + \Delta_b \hat{P}_b^{\max} [d_{bt} - d_{b(t-1)}]^+\} + \sum_{b \in g} \sum_{l=1}^3 c_b^l P_{bt}^l \right\} \rightarrow \min ,$$

где минимум берется по булевым переменным d_{bt} (1 или 0 означает включенное или нет состояние блока b , участвующего в оптимизации ВСВГО, к концу периода t), а также по неотрицательным переменным: P_{bt}^l , означающим величину загрузки блока или неблочной РГЕ b на l -ю ступеньку² к концу периода t (в МВт), и $r_{bt}^{+(-)}$ – величинам резервов на загрузку (разгрузку), оставляемых на этом блоке к концу периода t (в МВт), при наличии: балансовых ограничений, ограничений по реактивной мощности, по скорости сброса/набора нагрузки и по пропускной способности контролируемых сечений, соответствующих ограничениям конкурентного отбора РСВ и БР для переменных

$$P_{gt} = \sum_{b \in g} \sum_{l=1}^3 P_{bt}^l :$$

$$(A.1) \sum_{i \in I(j)} p_{ij}^t + \sum_{g \in G(j)} P_{gt} - \sum_{c \in C(j)} P_{ct} = 0 \text{ для каждого узла } j \text{ сети и каждого } t,$$

где суммирование ведется по всем генераторам g и потребителям c , относящимся к узлу j , и по всем узлам i сети, смежным с узлом j ;

(A.2) аналогичное соотношение и пределы для реактивной мощности;

(A.3) зависимость перетоков мощности по ветвям сети от напряжений

$$p_{ij}^t = G_{ij} [V_i^{t2} - (V_j^t V_i^t / T_{ij}) \cos(d_i^t - d_j^t + a_{ij})] + \Omega_{ij} (V_j^t V_i^t / T_{ij}) \sin(d_i^t - d_j^t + a_{ij}),$$

$$q_{ij}^t = \Omega_{ij} [V_i^{t2} - (V_j^t V_i^t / T_{ij}) \cos(d_i^t - d_j^t + a_{ij})] - G_{ij} (V_j^t V_i^t / T_{ij}) \sin(d_i^t - d_j^t + a_{ij}) - V_i^{t2} C_{ij}$$

для всех ветвей (i, j) сети и всех моментов времени t , где

Ω_{ij} , G_{ij} , C_{ij} - реактивная, активная и ёмкостная проводимость ветви,

a_{ij} и T_{ij} - коэффициенты сдвига фазы и трансформации, если ветвь (i, j) -

трансформатор, в противном случае $a_{ij}=0$ и $T_{ij}=1$;

$$(A.4) P_{gt} - n_g^{\min} \leq P_{g(t+1)} \leq P_{gt} + n_g^{\max} \text{ для всех } g \text{ и } t;$$

$$(A.5) \sum_{(i,j) \in S} p_{ij}^t \leq p_{st}^{\max}, \quad \sum_{(i,j) \in S} p_{ji}^t \leq p_{st}^{\min} \text{ для всех } t \text{ и заданных диспетчером } S;$$

а также поблочных ограничений на переменные $\hat{P}_{bt} = \sum_{l=1}^3 P_{bt}^l$, обусловленных:

техническими минимумом \hat{P}_b^{\min} и максимумом \hat{P}_b^{\max} блока b (с учетом резервов) – для всех b, t , формально полагая $d_{bt}=1$ для блоков (неблочных РГЕ), являющихся включенными по заданному (Участником или СО) режиму включений, но не участвующих в оптимизации,

$$(B1) \hat{P}_{bt} = 0, \text{ если } d_{bt} = 0, \quad \text{и} \quad r_{bt}^- + \hat{P}_b^{\min} \leq \hat{P}_{bt} \leq \hat{P}_b^{\max} - r_{bt}^+, \text{ если } d_{bt} = 1;$$

ограничений, заданных минимумом СО на ГТП генерации g :

² предполагая для упрощения обозначений, что объем в 1-й ступеньке равен P_{\min} , а цена – 0.

$$(B2) P_{gt} \geq P_{gt}^{\min CO} + \sum_{b \in g} r_{bt}^- \quad - \text{ для всех } g, t;$$

ограничений по заданной СО сумме $P_{it}^{+(-)}$ горячих резервов i -го вида на загрузку (разгрузку) с учетом неопределенности в прогнозе потребления к концу периода t :

$$(B3) \sum_{b \in g \in R_i} r_{bt}^{+(-)} \geq P_{it}^{+(-)} \quad - \text{ для всех } i, t;$$

ограничений по условиям подачи заявок – для всех b, g, l, t, d :

$$(B4) 0 \leq P_{bt}^l \leq P_{bt}^{l \max} - P_{bt}^{(l-1) \max}, \text{ если у заявки не было признака,}$$

$$(B4^*) 0 \leq \sum_{t \in d} P_{bt}^l \leq \sum_{t \in d} (P_{bt}^{l \max} - P_{bt}^{(l-1) \max}), \text{ если у заявки был признак (*),}$$

формально полагая $P_{bt}^{0 \max} = 0$;

в качестве значений для t берутся часы или периоды из нескольких (в зависимости от ценовой зоны и от того, предварительный или основной расчет проводится на соответствующий день) идущих подряд часов: ночь, полупик/подъем, вечерний максимум, полупик/спуск – суток d ;

в качестве значений для d рассматриваются: $D - D+6$ для основного расчета и $D+4 - D+6$ для корректирующего расчета.

Дополнительно для отдельных ГТП могут быть рассмотрены кроме (B2) ограничения на минимальное число включенных блоков (если СО задал):

$$(B.2^*) \sum_{b \in g} d_{bt} \geq c_g, \text{ при условии, что это число меньше числа блоков в ГТП.}$$

Еще одно дополнительное ограничение – невозможность частого перезапуска блоков:

$$(B5) \text{ если } d_{bt} = 1 \text{ и } d_{b(t-1)} = 0 \text{ для } t \text{ из дня } d \text{ (} t-1 \text{ может быть из дня } d \text{ или при } t=0 \text{ из дня } d-1),$$

то для всех t из дня $d+1$ и/или $d+2$ условие $d_{b(t-1)} = 0$ влечет за собой и $d_{bt} = 0$.

Ограничение на число одновременно включаемых блоков (не более 1):

$$(B.6) \sum_{b \in g} [d_{bt} - d_{b(t-T)}]^+ \leq 1 \text{ для всех } g, t,$$

где $[...]^+ = \max\{0, \dots\}$ - положительная часть величины в скобках, $T=6$.

Ограничение на наличие холодного резерва:

$$\sum_{g \in R_i} P_{gt}^{\max} (1 - d_{gt}) \geq P_{it}^+ \text{ для всех видов } i \text{ холодного резерва.}$$