

ЭНЕРГЕТИКА

Э. С. ПОГОСЬБЕКОВ

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА МНОГОЛЕТНЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
 ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Моделирование многолетнего ряда выработки теплоэлектростанции, работающей в смешанной энергосистеме, в [1] рассматривалось, исходя из необходимости учета сезонных колебаний потребной регулирующей теплоэлектроэнергии. В случае необходимости моделирования многолетнего ряда регулирующей энергии, который включал бы в себе информацию о внутригодовых колебаниях по более мелким фазам, скажем по месяцам, можно обратиться к разработанному в литературе методу «фрагментов» [2]. Смысл его заключается в том, что за каждым годом смоделированного энергетического ряда  $\mathcal{E}_i$  закрепляется определенный фрагмент (модель) внутригодового распределения регулирующей энергии. Для случая, когда прослеживается связь между величиной годовой энергии  $\mathcal{E}$  и конфигурацией внутригодовой неравномерности, предлагается следующий порядок вычислений: вводится в память ЭВМ таблица значений относительных ординат  $q_{kj}$ , где  $k = 1, \dots, s$  и  $j = 1, \dots, \tau$ , дающих форму внутригодового изменения энергии по  $s$  характерным годам, привязанным к заданным интервалам (в количестве  $s$ ) возможных значений годовой энергии  $\mathcal{E}$  посредством соотношения

$$\frac{\mathcal{E}_{\min}}{s} (k-1) < \mathcal{E}_i < \frac{\mathcal{E}_{\max}}{s} k.$$

Соответственно тому интервалу  $k_0$ , в который попадает величина очередной годовой энергии  $\mathcal{E}_i$ , вычисляются внутригодовые значения энергии  $e_j$   $i$ -го года  $e_{ij} = \mathcal{E}_i \cdot q_{kj_0}$ .

В случае отсутствия корреляционной связи между годовой энергией  $\mathcal{E}$  и формой внутригодовой неравномерности расчет может производиться самостоятельной случайной выборкой фрагментов параллельно с моделированием годовых величин  $\mathcal{E}_i$ . Если операция осуществляется случайными числами  $\xi$ , то алгоритм вычислений  $e_{ij} = \mathcal{E}_i \cdot q_{kj}$  будет определяться условием

$$\frac{1}{s} (k-1) < \xi < \frac{1}{s} k, \quad k = 1, \dots, s.$$

Рассмотренное в предыдущей работе [3] многолетнее регулирование газопередачи по годовым объемам газопотребления теплоэлек-

тростанции, давая ответ на балансовое состояние системы на конец каждого года, не раскрывает картины, складывающейся на протяжении года. Представим каждую отдельную фазу  $e_j$  внутригодовой разбивки, по аналогии с годом, как автономную единицу и обозначим последовательность этих фаз в каждом  $i$  году  $e_{i,j}$ . В этом случае балансовое состояние энергии  $j$  фазы  $i$  года определится равенством

$$\delta e_{ij} = \delta e_{i,j-1} + \bar{e} - \Delta e \frac{\delta e_{i-1,j}}{|\delta e_{i-1,j}|} - e_{i,j},$$

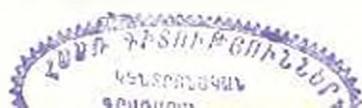
при  $j=1, 2, \dots, \kappa$ . Алгоритм расчета регулирования по фазовым единицам будет подобен алгоритму расчета по годовым величинам энергии [3] и может быть описан группой равенств

$$\Delta e_{ij} = \begin{cases} \delta e_{ij} - \frac{W_p}{2} & \text{при } \delta e_{ij} > \frac{W_p}{2}, \\ 0 & \text{при } \frac{W_p}{2} > \delta e_{ij} > -\frac{W_p}{2}, \\ \delta e_{ij} + \frac{W_p}{2} & \text{при } \delta e_{ij} < -\frac{W_p}{2}, \end{cases}$$

где  $\delta e_{ij} = \delta e_{i,j-1} - \Delta e_{i,j-1} + \bar{e} - \Delta e \operatorname{sgn} \delta e_{i-1,j-1} - e_{i,j}$ . Очевидно, что если  $j=1$ , то для любого очередного года  $i$ , то для  $j-1$  справедливо  $\delta e_{i,j-1} = \delta e_{i-1,j-1}$  и  $\Delta e_{i,j-1} = \Delta e_{i-1,j-1}$ .

Расчет обеспеченности работы системы газопровод-газохранилище  $P_r$  и регулирующей способности газохранилища  $P_s$  определяется по числу дефицитных  $M_d$  (когда наблюдается недостаток в газе при полностью опорожненном газохранилище) и избыточных  $M_n$  лет (когда потребность в газе меньше поступления при полностью заполненном газохранилище). Вычисления  $M_d$  и  $M_n$  производятся подсчетом числа лет, в котором соответственно имеют неравенства  $\Delta e_{ij} < 0$  и  $\Delta e_{ij} > 0$ .

В [3] было показано, что для любого заданного ряда газопотребления характерна определенная зависимость потребных объемов аккумулирующей емкости  $W_p$  от принятой обеспеченности  $P_r$ . Вопрос выбора величины обеспеченности, которому следует дать предпочтение, при выборе оптимальной величины аккумулирующей емкости по конкретному газопроводу с газопотребляющим объектом (ТЭС), упирается в необходимость проведения технико-экономического сопоставления нескольких вариантов газоснабжения. Сравнения различных вариантов обеспечения рассматриваемых объектов газом может проводиться лишь при сопоставимых условиях. Это значит, что сравниваемые варианты газоснабжения, имеющие разные обеспеченности передачи газа, путем дополнительных мер должны быть приведены к равным по величине обеспеченностям. Если в дефицитные по газу годы  $M_d$  недостающие количества его  $\Delta e_{ij} < 0$  покрывать другим видом топлива, скажем мазутом или углем, то можно перебойные годы свести к какому-то заданному минимуму, оцениваемому новой величиной обес-



печенности  $P_2$ , характеризующей процент бесперебойности снабжения объекта обоими видами топлива.

Снабжение заданного объекта топливом требует соответствующих затрат. Суммарные затраты по линии газоснабжения [4] и по второму виду топлива будут служить тем числовым критерием, по которому можно будет выявить экономически оптимальный вариант топливообеспечения теплостанции. Задача, таким образом, заключается в следующем: при заданном газопроводе с максимальной производительностью  $\bar{e} + \Delta e$ , рассчитанной по среднегодовой потребности ТЭС в газе, работающей в основном на газовом топливе, найти такой объем многолетнего аккумулярования  $W_p$ , при котором были бы минимальными суммарные расчетные затраты по газу и второму топливу вместе взятым по сравнению со всеми остальными вариантами, соответствующими другим значениям  $W_p$ . Сравнение должно проводиться при сопоставимых условиях, когда обеспеченность топливоснабжения  $P_2$  по всем вариантам приводится к одной величине. На основании осуществленных расчетов, по которым получена зависимость  $W_p = f(P_2)$ , соответственно по каждому варианту  $W_p$  вычисляются суммарные по всем годам дефициты и излишки энергоресурса  $\Sigma(\Delta e_{ij} < 0)$  и  $\Sigma(\Delta e_{ij} > 0)$  в эквиваленте — газа. В количестве  $\Sigma(\Delta e_{ij} < 0)$  за рассчитанный период  $N$  лет и должен быть подан на ТЭС второй вид топлива для бесперебойной работы ее с обеспеченностью  $P_2$ , близкой к  $100\%$ . Если условимся, что будем подавать второй вид топлива не более некоторого максимального годового объема  $\Delta e_{x_2}$ , то в случаях  $\Delta e_{ij} > \Delta e_{x_2}$  будем иметь перебойные годы. При числе этих лет, равном  $\tau$ , обеспеченность работы ТЭС в режиме многолетнего регулятора определится выражением

$$P_2 = \frac{N - \tau}{N - 1} 100\%$$

Задаваясь различными уровнями подачи второго топлива  $\Delta e_{x_2}$  и вычисляя соответствующие им значения  $\Sigma(\Delta e_{ij} < \Delta e_{x_2})$  и  $P_2$ , относящиеся к рассматриваемому объему аккумулярования  $W_p$ , можно построить зависимости  $\Sigma(\Delta e_{ij} < \Delta e_{x_2})$  и  $\Delta e_{x_2}$  от  $P_2$ . Произведя подобные расчеты для ряда значений  $W_p$ , получим серию таких кривых. Пользуясь этими кривыми, можно перейти к зависимости  $\Sigma(\Delta e_{ij} < \Delta e_{x_2})$  и  $\Delta e_{x_2}$  от  $W_p$ , каждая из которых справедлива при определенной обеспеченности  $P_2$ .

На рис. 1 изображены упомянутые кривые для объекта с коэффициентом вариации многолетних колебаний газопотребления  $C_g = 0,37$ . Подобные кривые позволяют весьма просто определять для заданных величин объема аккумулярования  $W_p$  соответствующие им значения потребных количеств второго вида топлива при заданной обеспеченности топливоснабжения  $P_2$ . Чтобы исключить влияние длины ряда  $N$  на оценку потребного количества второго топлива, значения  $\Sigma(\Delta e_{ij} <$

$\langle \Delta e_{\text{в}} \rangle$  на рисунке приведены в среднемноголетних величинах  $\frac{1}{N} \sum (\Delta e_{ij} < \Delta e_{\text{в}})$ .

Полученные зависимости по конкретному многолетнему ряду регулирующей энергии с определенными параметрами  $\alpha$  и  $\beta$  (или  $C_{\text{г}}$ )

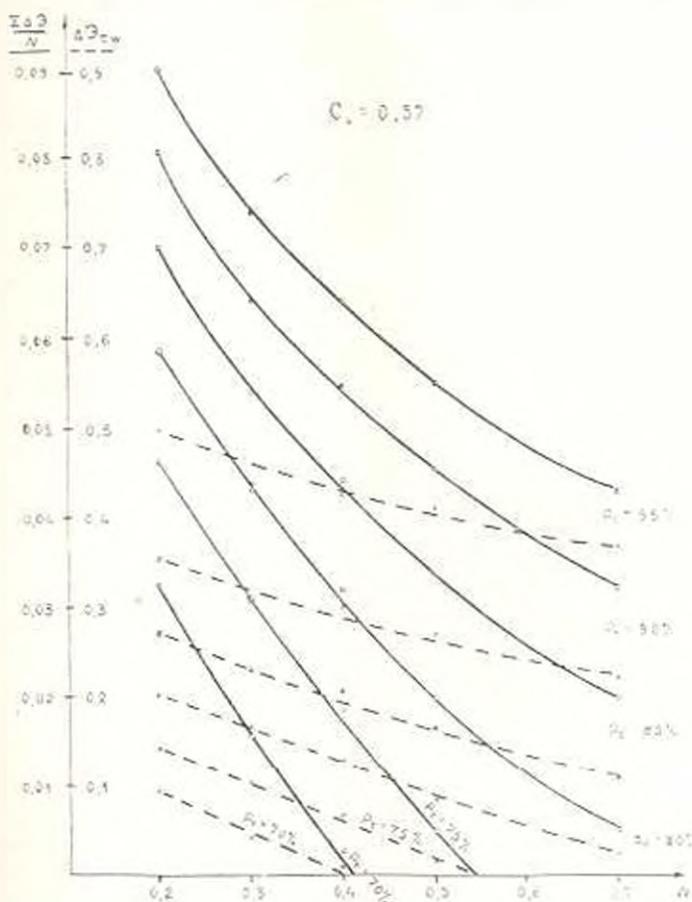


Рис. 1. Среднемноголетняя и максимальная годовые потребности во втором топливе в зависимости от объема аккумулярования  $W_p$  при различных обеспеченностях  $P_{\text{г}}$  топливообеспечения ТЭС.

будут справедливы для других объектов с подобными же параметрами. Если построить указанные зависимости для различного числа значений  $C_{\text{г}}$ , то окажется возможным весьма просто получать искомые значения объемов аккумулярования и потребного количества второго топлива, отвечающее объектам с заданными параметрами.

Для вычисления сумм избытков и дефицитов, соответствующих заданным значениям  $\langle \Delta e_{\text{в}} \rangle$ , составлен алгоритм для проведения расчетов на ЭЦВМ

$$\Delta_{ij} = \begin{cases} \Delta e_{ij} & \text{при } \Delta e_{x-} > \Delta e_{ij} \geq -\Delta e_{x-}; \\ \Delta e_{x-} & \text{при } \Delta e_{ij} > \Delta e_{x-}; \\ -\Delta e_{x-} & \text{при } \Delta e_{ij} < -\Delta e_{x-}; \end{cases}$$

для  $\Delta e_{x-}, \Delta e_{x+}, \dots$ .

Вычисляются суммы  $\sum_{i=1}^{t-1} \Delta_{ij}$  и  $\frac{1}{N} \sum \Delta_{ij}$  отдельно для  $\Delta_{ij} > 0$  и  $\Delta_{ij} < 0$ .

Осуществляется подсчет числа лет  $l$ , в котором имеют место  $\Delta_{ij} > 0$  и  $\Delta_{ij} < 0$ .

Осуществляется подсчет числа всех действительных значений для  $\Delta_{ij} > 0$  и  $\Delta_{ij} < 0$ .

Нагрузки производства по транспорту газа за многолетие в сравнимых вариантах предлагается принять неизменными, так как имеющие место периодические колебания газопередачи носят случайный характер и могут быть учтены в среднем соответствующей величиной отклонения  $\frac{1}{N} \sum (\Delta \mathcal{E}_i > 0)$  от средне многолетней заданной передачи  $\mathcal{E}$ . Учет фактора удорожания удельных затрат  $\kappa$  при работе газопровода с неполной загрузкой осуществляется посредством выделения постоянной доли затрат  $\psi$  по выражению

$$\kappa^* = \kappa \frac{\mathcal{E} + \Delta \mathcal{E}}{\mathcal{E}} = \kappa (1 + \psi), \quad \mathcal{E}_p = \mathcal{E} - \frac{1}{N} \sum (\Delta \mathcal{E}_i > 0),$$

где  $\kappa^*$  — приведенные удельные затраты к фактической средне многолетней загрузке газопровода,  $\kappa$  — удельные затраты на транспорт газа при предельно возможной загрузке газопровода,  $\psi$  — коэффициент, показывающий долю постоянных затрат в транспорте газа. Средняя за многолетие годовая потребность во втором топливе  $B_{2n}$ , соответствующая некоторому многолетнему объему аккумулярования  $W_p$  при выбранной обеспеченности топливоснабжения  $P$ , определяется через средне многолетний дефицит  $\frac{1}{N} \sum (\Delta \mathcal{E}' < -\Delta \mathcal{E}_{2n})$ . Вычисленные расчетные затраты по обоим видам топлива при заданной величине обеспеченности топливоснабжения для разных значений объема аккумулярования, связанных с транспортом и хранением этих видов топлив, позволяют найти суммарные затраты и кривую их изменения в зависимости от объема  $W_p$ .

Рассмотренную задачу можно решить при более широком исходном условии, когда для ТЭС оба вида топлива являются основными. В этом случае покрытие топливопотребления газом осуществляется до некоторого заданного уровня  $e_{2n}$ . Превышающие этот уровень потребности  $\Delta e^* = e_p - e_{2n} > 0$  покрываются вторым видом топлива. При таком способе покрытия топливопотребления средне многолетняя

подача газа снизится на новый уровень  $\bar{e}$ . Для любого выбранного уровня покрытия можно применить изложенную методику регулирования и получить соответствующие зависимости и номограммы для вычисления затрат. Сопоставление затрат при разных уровнях выравнивания позволит выбрать оптимальный вариант схемы топливоснабжения теплоэлектростанции.

АрмНИИЭ

Получено 25 VIII.1967.

Է. Ս. ՊՈՂՈՍՅԱՆ

ՋԵՐԳԱԷԼԵԿՏՐՈՎԱՆԱՆԻ ԳԱԶՍԱՊԱՌՄԱՆ ԲԱԶՄԱԿՅՅՈՒ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ  
ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆԵ ԾՈՒՐԶՈՒ

Ա մ փ ո փ ո ս լ

Հոգեվածում շարագրված է խառն էներգատեսակի մեջ աշխատող ջերմաէլեկտրակայանի կարգավորիչ էներգիայի բազմամյա շարքի մոդելացման եղանակը հաշվի առնելով ներտարեկան անհամապատասխանությունը: Հաշվարկի եզրևակը հենվում է վիճակագրական փորձարկումների մեթոդի վրա՝ սցենարի միջոցով բնորոշ տարիների էներգիայի տարեկան պրոֆիկները (ֆրակցիաները) [2]: Առաջարկվում է ԶԷ-ի կոկնակի վառելիք-մատակարարման հետ համակցված դադասպառման բազմամյա կարգավորման «հաշվարկի մեթոդիկա» մոդելացվող տրանստական էներգետիկ շարքերի միջոցով: Հիշյալ մեթոդիկայի միջոցով սրտչվող կարգավորման համակարգի մոդելացման բնութագրերը թույլ են ապխ կատարել տարբեր ախումուացիոն աարողություններով սրելիտի (ԶԷ), համակցված վառելիք-դադամատակարարման սխեմաների տեխնիկա-տնտեսական համեմատություն: Եկարագրված մեթոդիկայով մեկ օրջեկտի համար, կատարված են համապատասխան հաշվարկներ, որոնց արդյունքները բերված են նոմոգրամի տեսքով: Վերջինիցս սղափելով, արված յուրաքանչյուր ախումուացիոն աարողության համար կարելի է անմիջապես դտնել երկրորդ վառելիքի պահանջվող միջին բազմամյա քանակը և զուգամտղի սղափող միջին բազմամյա բննվածությունը, որոնք համապատասխանում են համակցված վառելիք-մատակարարման աղանդիվածության բնույնված մեծությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Погосбеков Э. С. Определение объема многолетнего аккумулярования газа для тепловых электростанций энергосистемы. Известия Академии наук Армянской ССР (серия Т. II), т. XX, № 1, 1967.
2. Сванидзе Р. Р. Моделирование гидрологических рядов с учетом внутригодового распределения стока (метод фрагментов). Тр. Института метеорологии АН СССР, т. XVII, 1963.
3. Погосбеков Э. С. Многолетнее регулирование газопотребления в энергетической системе. Известия Академии наук Армянской ССР (серия Т. II), т. XX, № 1, 1967.
4. Осипян А. М., Абулдулаева С. С. Экономика газохранилища в энергосистеме. Тр. 1964.