Таким образом, предложенный метод позволяет достаточно точно определить коэффициент концентрации напряжений в критических точках (в углах ступеней, вырезов, отверстий и т. д.), где моментный депланационный слой достигает максимальной величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Петерсон Р.* Коэффициенты концентрации напряжений.—М.: Мир, 1977.—302 с.
2. *Минасян Р. С., Левин И. И.* Исследование напряженного состояния наружной стеновой панели с проемом при действии вертикальных нагрузок // Прочность крупнопанельных конструкций.—М.: Стройиздат, 1958.—С. 169—184

ЕрпСХИ 5. IV. 1988

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 1, 1991, с. 17—21

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.1.001.21

С. Г. АКОПЯН, М. С. АКОПЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается модель и алгоритм для расчета на ЭВМ оптимальных режимных параметров сложных газотранспортных систем (ГТС). Разработка данной модели основывается на использовании топологического уравнения баланса мощностей, устанавливающего расчетные зависимости для оценки влияния режимных параметров работы ГТС на энергетические показатели потоков энергии сжатого газа. Это позволило выделить вопросы анализа энергетических показателей потоков энергии сжатого газа в самостоятельную оптимизационную задачу потокораспределения установившегося режима ГТС, не связанную с газокомпрессорными процессами и расходом топливного газа и электроэнергии на КС. При этом получается существенно новая модель, которая имеет упрощенный и эффективный алгоритм расчета.

Библиогр.: 5 назв.

[illegible]

Газотранспортные системы (ГТС) относятся к категории технических систем, в которых процессы необратимых энергетических превращений занимают доминирующее место. В разветвленных ГТС имеют место значительные потери потенциальной энергии сжатого газа при его транспортировке, которые составляют расходную часть баланса энергии—потерь. Система газопроводов является потребителем энергии и в них происходят необратимые потери работоспособности сжатого газа, связанные с преодолением гидравлических сопротивлений газопроводов и компрессорных станций (КС), редуцированием газа в пунктах его потребления, передачей сжатого газа другими газотранспортными предприятиями и др. Поскольку потери потенциальной энергии сжатого газа в условиях полной его сохранности в расчетах режимов работы ГТС [1—3] и в других техникоэкономических расчетах не учитываются, это приводит к полному его обесцениванию. Именно эти потери, для компенсации которых на КС расходуется значительное количество топлива и электроэнергии, являются, по существу, главными факторами в транспорте газа, которые до настоящего времени оказались нераскрытыми. Их можно значительно уменьшить путем наилучшего распределения давлений узлов ГТС, выбора наименьших значений давлений на входе городских распределительных станций (ГРС), наибольшего значения давлений на выходе КС и т. д. Поэтому возникает необходимость рассмотрения вопросов экономичности использования располагаемой энергии сжатого газа для его трубопроводного транспорта.

ГТС является единым энергетическим объектом и имеет приходную часть баланса—энергия, которая складывается из энергии, переданной газовому потоку в КС, энергии потоков газа, поступивших в газопровод из других газотранспортных предприятий и объединений, подземных хранилищ газа (ПХГ), месторождений газа, имеющих высокое пластовое давление и др. В соответствии с этим в [4, 5] предложено энергетическое уравнение баланса мощностей для гидравлических цепей ГТС, которое одновременно выражает закон сохранения энергии для этой же цепи. На основе этого уравнения в настоящей работе рассматривается метод расчета оптимального потокораспределения установившихся режимов сложных ГТС.

Выделим из балансового уравнения мощностей гидравлической цепи ГТС [4, 5] слагаемые, соответствующие потерям энергии (мощности) в газопроводах, и выдачи энергии КС газовому потоку как целевую функцию

$$T = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} Q_i A_{ji} P_j . \qquad (1)$$

Потребуем, чтобы сумма (1) достигала минимума при выполнении ограничений в виде уравнения гидравлического состояния ГТС, т. е. уравнения материального баланса

$$\sum_{i=1}^{n} A_{ji} Q_i = q_j , \quad j = 1, 2, \ldots, m \qquad (2)$$

и уравнения гидравлического состояния газопроводных участков и участков с КС, которые можно представить как

$$\sum_{j=1}^{s} \overline{A}_{ij} P_j^2 - \overline{K}_i Q_i^2, \quad i = 1, 2, \ldots, n. \tag{3}$$

а также технологических ограничений в виде неравенств

$$\underline{P}_j \le P_j \le \overline{P}_j, \quad j \in S. \tag{4}$$

Для дальнейших рассуждений из (2) и (3) полученную нелинейную систему удобно представить в неявной форме

$$F_k(P_k, P_r, q_j) = 0, \tag{5}$$

$$k = j = 1, 2, \ldots, m, \quad r = m + 1, m + 2, \ldots, s.$$

В оптимизационной задаче (1), (4), (5) требование минимума целевой функции одновременно приводит к максимации энергии сжатого газа, выдаваемой КС в систему, что приводит к нахождению наиболее возможных высоких давлений на выходах КС. Таким образом, в задаче (1), (4), (5) минимум целевой функции достигается за счет наилучшего распределения давления в узловых точках ГТС. Для решения этой задачи используется метод Лагранжа с применением штрафных функций

$$\Phi = \pi + \sum_{k=1}^{m} \lambda_k F_k + \frac{1}{2} \sum_{j \in S} \overline{B}_j (P_j - \overline{P}_j)^2 + \frac{1}{2} \sum_{j \in S} \underline{B}_j (P_j - \underline{P}_j)^2, \tag{6}$$

где λ_k — множители Лагранжа, $\overline{B}_j$, $\underline{B}_j$ — постоянные коэффициенты штрафа.

Учитывая, что

$$P_j = |P_k \; P_r|^t, \quad q_j = |q_k \; q_r|^t,$$

$$j = 1, 2, \ldots, s, \quad k = 1, 2, \ldots, m, \quad r = m + 1, m + 2, \ldots, s,$$

необходимые условия, которым должны удовлетворять оптимальные значения P_k, P_r, в матричной форме представим как

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_k} = -q_k + \lambda_k^t \frac{\partial F_k}{\partial P_k} + \overline{B}_k^t (P_k - \overline{P}_k) + \underline{B}_k^t (P_k - \underline{P}_k) = 0, \tag{7}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_r} = -q_r + \lambda_k^t \frac{\partial F_k}{\partial P_r} + \overline{B}_r^t (P_r - \overline{P}_r) + \underline{B}_r^t (P_r - \underline{P}_r) = 0, \tag{8}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \lambda_k} = F_k(P_k, P_r, q_j) = 0, \tag{9}$$

$$k = 1, 2, \ldots, m, \quad r = m + 1, m + 2, \ldots, s.$$

В вышеприведенных формулах верхние индексы t означают знак транспонирования. В (7) производная $\partial F_k / \partial P_k$ представляет собой транспонированную невырожденную матрицу Якоби системы функции F_k относительно переменных P_k. Нелинейная система (7)–(9) имеет $(m+s)$ уравнений и неизвестными величинами являются P_k, P_r, r_k, число которых также равно $(m+s)$. Оптимальные значения векторов P_k, P_r и Q_i можно получить однократным решением (7)–(9), что связано с определенными трудностями математического характера. Для преодоления этих трудностей в работе рассматривается рациональный алгоритм машинной реализации данной задачи, при которой переменные P_i разделяются на условно зависимые P_k и независимые P_r переменные. Далее при решении системы строится такой итерационный процесс расчета между переменными P_k и P_r, при котором появляется возможность использования известных традиционных методов и готовых программ для гидравлического расчета систем транспорта газа и стандартной программы расчета систем линейных алгебраических уравнений.

Для этой цели можно использовать, например, методику [3] и программное средство «Гидравлический расчет газотранспортной системы с применением уравнений узловых давлений», разработанное авторами. Нелинейная система (7)–(9) на ЭВМ решается примерно так.

1. На первом шаге итерации в системе (9) задается начальное значение вектора P_r. 2. Решается задача гидравлического расчета ГТС и находятся значения векторов P_k и q_r. 3. По найденным значениям P_k и заданным значениям P_r из (3) определяется Q_i для данного шага. 4. По известным P_k, P_r и Q_i находятся числовые значения элементов матрицы Якоби, входящей в (7). 5. Решается система линейных алгебраических уравнений (7) и находится значение вектора r_k. 6. По полученным r_k и q_r из (8) рассчитываются значения P_r для второго шага итерации. 7. Найденное значение P_r подставляется в (9) и повторяются пункты 1, 2, 3 и т. д. 8. Итерационный процесс считается законченным и оптимальные значения P_k, P_r, Q_i найденными, когда разность переменных между двумя соседними шагами по абсолютной величине меньше или равна заданной величине точности расчета.

Рассмотренный алгоритм реализован на алгоритмическом языке ПЛ-1 и ориентирован для работы на ЭВМ серии ЕС. После решения оптимизационной задачи (1), (4), (5) и нахождения оптимальных значений потоков газа на участках и давлений в узловых точках системы можно перейти к решению задачи нижнего уровня иерархии по определению соответствующих параметров управления КС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беркен Р. Я., Панкратов В. С.* Автоматизация систем управления магистральными газопроводами.—Л.: Недра, 1978.—157 с.

2. *Бобровский С. А., Щербаков С. Г., Яковлев Е. И.* и др. Трубопроводный транспорт газа.—М.: Наука, 1976.—495 с.
3. *Акопян С. Г.* Расчет потокораспределения стационарного режима газотранспортной системы // Проблемы совершенствования и развития прогрессивных технико-экономических норм и нормативов в газовой промышленности: Сб. науч. тр.—М.: ВНИИЭГАЗПРОМ, 1989.—С. 81—91.
4. *Акопян С. Г.* Модифицированная форма теоремы Телледжена применительно к гидравлическим цепям систем транспорта газа // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1989.—Т. XLII, № 2.—С. 64—67.
5. *Акопян С. Г., Акопян М. С.* О новой закономерности распределения основных параметров гидравлических цепей газотранспортных систем // Разработка и усовершенствование энерго- и ресурсосберегающих систем и технологии: Межвуз. сб. науч. тр. / ЕрПИ. Ереван, 1989.—С. 59—62.

ЕрПИ 28. X. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 1, 1991, с. 21—25

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.1.001.24

Э. А. ЭТМЕКЧЯН, В. Н. АРАКЕЛЯН, ФУАД АЛЬ ГАЛУЛ

ОБ ОДНОМ ГИБРИДНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Предлагается $Y-Z$ метод расчета установившегося режима, который позволяет решить задачу при любой форме задания исходной информации относительно станционных узлов. Разработан вычислительный алгоритм для численного решения задачи.

Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

[illegible]

Предположим, что исследуемая электрическая система состоит из $M+1$ узловых точек, а после выбора одного узла в качестве базисного она будет состоять из M независимых узлов [1—3]. Принимается следующая система индексов для узлов типа: $U-\Psi_0$ — индекс 0; $P-U-m$ ($m=1, 2, \ldots, Г$); $P-Q-i$ ($i=Г+1, Г+2, \ldots, Г+Н=M$). На основании выбранной системы индексов уравнения состояния электрической системы в $Y-Z$ форме можно представить в следующем виде [3]:

$$\dot I_m = \dot I_{Km} + \sum_{n=1}^{Г} Y_{m,n} \dot U_n + \sum_{i=Г+1}^{M} A_{m,i} \dot I_i, \tag{1}$$

$$\dot U_k = \dot E_k + \sum_{n=1}^{Г} C_{k,n} \dot U_n + \sum_{i=Г+1}^{M} Z_{k,i} \dot I_i, \tag{2}$$