

Резюме. Излагаются основные направления и результаты проектных и научно-исследовательских работ в Белорусском отделе ВНИПИэнергопром, показана роль отделения в повышении эффективности теплофикации и развитии исследований по актуальным проблемам энергетики.

УДК 621.165.003.13

А.Д. Качан, канд. техн. наук,
А.М. Леонков, канд. техн. наук, П.Н. Шиша

К ВОПРОСУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА ТЭЦ

Распределение тепловых нагрузок между турбинами не должно проводиться только по принципу получения максимальной выработки электроэнергии на тепловом потреблении, так как может оказаться, что достигнутое в результате распределение конденсационной выработки не является оптимальным. Увеличение доли конденсационной выработки на малоэкономичных агрегатах может привести к возрастанию суммарного расхода топлива (тепла).

Наивыгоднейший режим работы ТЭЦ определяется условием получения минимального расхода топлива в энергосистеме или минимальной величины расхода тепла на турбоустановки. Такой режим может достигаться путем перехода от допустимого варианта распределения нагрузок к оптимальному в следующей последовательности:

1) распределяются электрические нагрузки в предположении, что тепловые покрываются редуцированным паром (допустимый вариант);

2) производится оптимизация режимов работы ТЭЦ путем передачи тепловых нагрузок на турбины в порядке уменьшения коэффициентов отбора

$$K = 1 - W (q_K - q_T), \quad (1)$$

где W – удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении; q_K , q_T – удельный расход тепла на выработку электроэнергии по конденсационному и теплофикационному циклам.

Очевидно, в итоге будет достигаться минимальный расход тепла (топлива) в комбинированной схеме энергоснабжения по сравнению с отдельной, т.е. наиболее экономичный вариант работы ТЭЦ.

При распределении конденсационных нагрузок необходимо учитывать, что реальные расходные характеристики теплофикационных турбин в конденсационном режиме зависят от особенностей парораспределения в части высокого давления (ЧВД) турбины, давления пара в нижнем регулируемом отборе (степени дросселирования пара в поворотной диафрагме), характеристики части низкого давления (ЧНД) и расхода пара в конденсатор. При этом вся характеристика или отдельные ее участки могут оказаться выпуклыми. В этом случае характеристики относительных приростов (ХОП) являются падающими, и распределение нагрузок из условия их равенства недопустимо, так как приведет к максимуму суммарного расхода тепла на турбоустановки, т.е. к наименее экономичному режиму работы ТЭЦ.

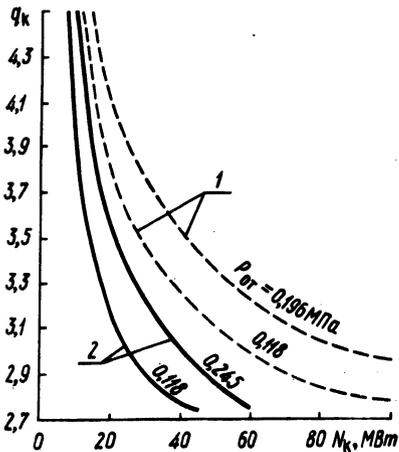


Рис. 1. Экономичность конденсационной выработки электроэнергии при заданном давлении пара в нижнем регулируемом отборе и тепловой нагрузке турбины, равной нулю: 1 - турбины Т-100 = -130; 2 - турбины ПТ-60-130/13.

Необходимо учитывать также существенное снижение экономичности конденсационной выработки при малых расходах пара в конденсатор, что связано с резким снижением к.п.д. ЧНД и даже потреблением мощности в последних ступенях [1]. Расчеты показывают, что в зависимости от давления в нижнем регулируемом отборе и величины конденсационной нагрузки удельный расход тепла на конденсационном потоке пара меняется очень сильно (на 30% и более, рис. 1).

Оптимальный вариант распределения конденсационных нагрузок турбин при любом виде расходных характеристик, в том

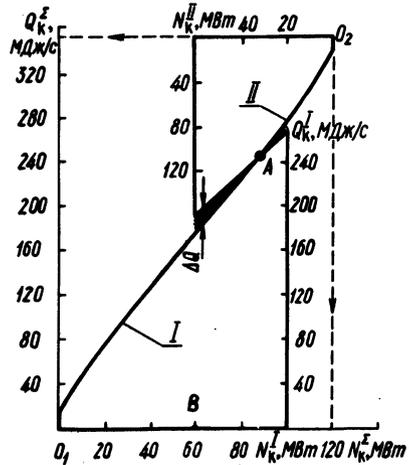


Рис. 2. Схема распределения конденсационных нагрузок турбин методом "совмещения характеристик".

числе и при падающих ХОП, может определяться графическим способом, используя "метод совмещения" характеристик [2].

Сущность этого метода для случая падающих ХОП показана на рис. 2. Здесь I – расходная характеристика первой турбины в конденсационном режиме; II – второй. Точка А касания совмещаемых характеристик соответствует равенству относительных приростов (касательные к характеристикам в этой точке совпадают) и отвечает максимальному суммарному расходу тепла. Оптимальное распределение нагрузок будет соответствовать точке с максимальной величиной ΔQ (ординаты заштрихованной между совмещаемыми характеристиками области). На рис. 2 такой точкой является точка В. Данный способ распределения конденсационных нагрузок отличается наглядностью, так как величина ΔQ одновременно определяет абсолютную экономию тепла за счет оптимизации режима работы турбин.

"Совмещение характеристик" необходимо производить так, чтобы абсцисса точки O_2 (рис. 2) соответствовала суммарной мощности двух турбин.

Указанным способом, совмещая расходные характеристики турбин при заданном значении давления в нижнем теплофикационном отборе, который определяется режимом работы теплового потребителя, можно заранее установить оптимальное соотношение между нагрузками отдельных турбин. В частности, в случае однотипных турбин с одинаковыми характеристиками и падающими ХОП оптимальными будут являться режимы с максимальным значением разности конденсационных нагрузок турбин. Рис. 2 построен применительно к реальным характеристикам турбин Т-100-130 и ПТ-60-130/13. Как видно, при суммарной мощности 120 МВт оптимальный режим будет отвечать максимальной нагрузке турбины ПТ-60-130 – 60 МВт и нагрузке турбины Т-100-130 – 60 МВт.

При распределении тепловых нагрузок между турбинами условие (1) должно проверяться при дискретном (с определенным шагом) изменении тепловой нагрузки и заданной суммарной электрической мощности. Значения W и q_k должны подставляться с учетом реальной экономичности проточной части. Это легко выполнимо, так как на каждом шаге изменение тепловой нагрузки режим работы турбины (по расходу пара через ЧВД, ЧСД и ЧНД турбины) будет вполне определенным.

Величины W и q_k удобно определять, исходя из расчетного режима работы ЧВД и ЧНД турбины с последующим введением поправок на величину дополнительных против расчетного режима потерь тепла в этих отсеках [3].

Предлагаемый метод распределения нагрузок на ТЭЦ обладает известными преимуществами против известных методов. Он применим при любом виде расходных характеристик турбин, в то время как наиболее распространенный в настоящее время метод относительных приростов может применяться только для случая возрастающих ХОП. При применении достаточно перспективного метода динамического программирования (упорядоченного перебора вариантов) предлагаемый метод, основанный на переходе от допустимого варианта распределения нагрузок к оптимальному, снижает размерность задачи и упрощает ее решение.

С учетом получения аналитических зависимостей W на переменных режимах работы теплофикационных турбин (такая работа нами проводится) данный метод распределения нагрузок легко реализовать с помощью ЭВМ, что позволяет использовать его в АСУ ТЭЦ.

Резюме. Оптимальный режим работы турбин ТЭЦ может быть установлен путем последовательного распределения электрических и тепловых нагрузок исходя из условия обеспечения минимального расхода тепла (топлива) на ТЭЦ. При этом для распределения конденсационных нагрузок удобно пользоваться методом "совмещения характеристик".

Л и т е р а т у р а

1. Волков Н.П., Леонков А.М., Качан А.Д. и др. Исследование работы турбинных отсеков на переменных режимах. - "Изв. вузов СССР. Энергетика", 1969, № 7. 2. Сейфулла Д.О. К методу наиболее выгодного распределения нагрузки между двумя агрегатами (совмещение энергетических характеристик). - "Электрические станции", 1955, № 6. 3. Качан А.Д., Леонков А.М., Муковозчик Н.В. Расчет уточненных энергетических характеристик теплофикационных турбин. - В сб.: Эксплуатация тепломеханического оборудования в энергосистеме БССР. Минск, 1973.