

ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ПЛАНА РЕМОНТОВ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Т.Е. Жуковская, Баро Бандия, О.И. Александров
Кафедра электротехники и электроники, кафедра электрические системы,
Белорусский национальный технический университет
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники,
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {sanoleg@mail.ru, jte@tut.by}

В докладе рассмотрены основные аспекты построения формально – функциональных математических моделей, обеспечивающих систему оперативного разрешения ремонтных заявок в сложной электроэнергетической системе (ЭЭС).

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваются заявки на отключение основного электросетевого оборудования, находящегося в оперативном управлении или ведении диспетчера Центральной диспетчерской службы республики (ЦДС). В соответствии с нормативами ремонтной кампании, ревизии, замены элементов основного оборудования или устройств системной автоматики, включения резервных мощностей, различных переключений и принятой на практике периодичностью отключений процесс принятия решения формализуется и автоматизируется в виде задачи составления оптимальных суточных графиков отключений, функционирующей в составе АСДУ ЭЭС.

Основными проблемами, затрудняющими математическое моделирование процесса принятия решений по оперативным заявкам на ремонт основного электросетевого оборудования ЭЭС, являются необходимость согласованного учета большого количества ограничивающих факторов и показателей эффективности решений; необходимость информационной и алгоритмической взаимосвязок с задачами смежных уровней пространственной, временной и функциональной иерархии; отсутствие разработок по стандартизации информационных структур, позволяющих адекватно отображать процесс поиска решений; вычислительная сложность ряда ограничений задачи оптимизации, подлежащих обязательному учету.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В соответствии с принятой на практике периодичностью передачи ответов по оперативным заявкам на ремонт основного электросетевого оборудования в подразделения нижнего уровня иерархии диспетчерского управления (электростанции, сетевые энергорайоны) весь процесс разрешения по указанным заявкам на уровне краткосрочного планирования осуществляется в виде функционирования задачи составления оптимальных суточных графиков отключений. За-

дача относится к классу задач принятия оптимальных решений.

Общий алгоритм оптимизации представляет собой вычислительный метод целенаправленного поиска оптимальных вариантов решений, обеспечивающий максимально возможное сокращение перебора промежуточных вариантов, не являющихся допустимыми или наиболее предпочтительными. Частные подзадачи, решаемые в процессе поиска оптимальных решений, состоят в вычислении показателей, необходимых для оценки эффективности рассматриваемого варианта решения, и в проверке ограничений задачи

II. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Для формирования математической модели принятия решений по заявкам $\alpha_j \in A$ используется общий метод согласования общих и иерархически упорядоченных скалярных критериев оптимальности [1]. Для каждой заявки $\alpha_j \in A$ устанавливается приоритет, причем возможны два режима его задания:

1. Для всех $\alpha_j \in A$ при приеме заявки задается степень приоритетности $\gamma \in [0, 1]$, которую можно интерпретировать как значение истинности в непрерывной логике утверждения «заявка α_j является наиболее важной из принятых». В этом случае для определения приоритетов заявок $\alpha_j \in A$ проводится их упорядочение

$$\alpha_{j1}, \alpha_{j2}, \dots, \alpha_{j\omega}, \omega = [A] \quad (1)$$

такое, что

$$\gamma_{jk} > \gamma_{jk+1}, k = [1, \omega - 1]$$

после чего приоритеты находятся как

$$\rho(\alpha_{jk}) = k, k = [1, \omega]$$

2. Приоритеты устанавливаются стандартным способом, учитывающим разную степень мобильности элементов по отношению к изменению сроков ремонтов в сравнении с запрашиваемыми. В этом случае упорядочение вида (1) выполняется исходя из условия

$$\Theta_{jk} \geq \Theta_{jk-1}, k = [1, \omega - 1]$$

Множество допустимых решений

$$t = (t_1, t_2, \dots, t_\omega)$$

задачи оптимального суточного планирования отключений определяется совокупностью учитываемых ограничений, схемой основной сети ЭЭС на момент $t^{(0)}$ начала планируемых суток, множеством ранее разрешенных заявок, работы по которым к указанному моменту еще не закончены (или даже не начаты), запрогнозированными графиками активных и реактивных нагрузок в узлах сети.

Исходя из предположения о возможности начала наиболее длительного ремонта среди запрашиваемых в последний момент планируемых суток, можно определить расчетный период планирования как

$$T = [t^0, t^0 + \max(\sigma + \Theta_j(t^0 + \sigma), 24 + \max \Theta_j(t^0 + 24))] \quad (2)$$

где $\Theta_j(t_j)$, $\alpha_j \in A$ длительность работы по заявке при открытии ее в момент t_j .

Если принять, что дискретизация расчетного периода планирования проведена в целочисленных точках, соответствующих часам суток, то вместо интервала (2) имеем конечную последовательность

$$T = [t^0, t^0 + 1, \dots, t^0 + [L]] ,$$

где $L = \max[\sigma + \max \Theta_j(t^0 + \sigma), 24 + \max \Theta_j(t^0 + 24)]$.

Согласование свернутого общего критерия с индивидуальными критериями проводится на основе метода последовательных уступок. Альтернативный подход к учету критериев состоит в их лексикографическом упорядочении и задании индивидуальной уступки по каждому критерию.

III. ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Дискретизация периода планирования и соответственно пространства решений задачи в действительности учитывает моменты изменения нагрузок и моменты изменений схемы основной сети ЭЭС в промежутках между целыми часами суток из-за открытия и закрытия ранее разрешенных оперативных заявок, а также заявок на ремонт генерирующего оборудования ЭЭС, рассмотрение которых проводится в задаче верхнего уровня функциональной иерархии по отношению к данной задаче. Кроме того, дискретные состояния при суточном планировании отключений должны вводиться таким образом, чтобы исключалось нарушение ограничений вследствие неточности реализации запла-

нированных моментов переключений по различным заявкам при выполнении ремонтных работ. В качестве начальных приближений к искомым оптимальным моментам начала работ по заявкам принимаются интервалы времени

$$t_k = |t_k / \Delta t| \Delta t, k = [1, \omega].$$

Процесс планирования неизменно включает в себя также проверку при выполнении ремонтных работ случаев нарушения режимных и технологических нарушений ограничивающих условий. Тем самым определяется начальный вид конечной последовательности моментов времени, соответствующих различным дискретным состояниям на протяжении периода планирования. Она представляет собой хронологическое упорядоченное множество вида

$$\tilde{T} = \tilde{T} \cup (t_k | k = [1, \omega], t_k \neq \Lambda) \cup (\tau_k | k = [1, \omega], \tau_k \neq \Lambda) \cup (T_0 \cap T)$$

где T_0 множество моментов начала и конца заявок на ремонт основного оборудования ЭЭС, разрешенных ранее до составления оптимального суточного графика отключений на планируемые сутки,

$$\tau_k = t_k + |\Theta_k / \Delta t| \Delta t, k = [1, \omega]$$

расчетные моменты конца подлежащих разрешению заявок, соответствующих моментам начала t_k .

В процессе использования алгоритма оптимизации в соответствии с определенными правилами должны вводиться новые различные состояния ЭЭС и исключаться из рассмотрения прежде существовавшие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Простота вычислительного алгоритма и адекватность математической модели принятия решений в наибольшей степени обеспечивается путем распознавания заявок, разрешение которых практически не влияет на надежность и экономичность планируемого суточного режима ЭЭС, а также путем иерархического упорядочения подлежащих оптимизации заявок, что может быть выполнено либо на основе показателей мобильности элементов оборудования по отношению к изменению сроков ремонта относительно запрашиваемых, либо на основе априорной оценки степени важности заявок

1. Александров, О. И. Методы анализа текущих ремонтных отключений основного оборудования в сложной электроэнергетической системе. / О. И. Александров, С. В. Домников // Минск. – Издательство «Технопринт», 2001. – 260 с.