

Методы оптимизации

Процесс проектирования

Сущность проектирования заключается в принятии проектных решений, обеспечивающих выполнение будущим объектом предъявляемых к нему требований.

Синтез проектных решений — основа проектирования; от успешного выполнения процедуры синтеза в определяющей мере зависят потребительские свойства будущей продукции.

Анализ — необходимая составная часть проектирования, служащая для верификации принимаемых проектных решений. Именно анализ позволяет получить необходимую информацию для целенаправленного выполнения процедур синтеза в итерационном процессе проектирования. Поэтому синтез и анализ неразрывно связаны.

Параметрический и структурный синтез

Проектирование начинается со структурного синтеза, при котором генерируется принципиальное решение. Таким решением может быть облик будущего летательного аппарата, или физический принцип действия датчика, или одна из типовых конструкций двигателя, или функциональная схема микропроцессора. Но эти конструкции и схемы выбирают в параметрическом виде, т.е. без указания числовых значений параметров элементов.

Поэтому прежде чем приступить к верификации проектного решения, нужно задать или рассчитать значения этих параметров, т.е. выполнить параметрический синтез. Примерами результатов параметрического синтеза могут служить геометрические размеры деталей в механическом узле или в оптическом приборе, параметры электрорадиоэлементов в электронной схеме, параметры режимов резания в технологической операции и т.п.

Оптимизация

В случае если по результатам анализа проектное решение признается неокончательным, то начинается процесс последовательных приближений к приемлемому варианту проекта. Во многих приложениях для улучшения проекта удобнее варьировать значения параметров элементов, т.е. использовать параметрический синтез на базе многовариантного анализа. При этом задача параметрического синтеза может быть сформулирована как задача определения значений параметров элементов, наилучших с позиций удовлетворения требований технического задания при неизменной структуре проектируемого объекта. Тогда параметрический синтез называют параметрической оптимизацией или просто оптимизацией. Если параметрический синтез не приводит к успеху, то повторяют процедуры структурного синтеза, т.е. на очередных итерациях корректируют или перевыбирают структуру объекта.

В САПР процедуры параметрического синтеза выполняются

- либо человеком в процессе многовариантного анализа (в интерактивном режиме),
- либо реализуются на базе формальных методов оптимизации (в автоматическом режиме).

В последнем случае находят применение несколько постановок задач оптимизации.

Критерии оптимальности

Наиболее распространенной является детерминированная постановка: заданы условия работоспособности на выходные параметры Y и нужно найти номинальные значения проектных параметров N , к которым относятся параметры всех или части элементов проектируемого объекта. Эта задача оптимизации называется базовой.

Если проектируются изделия для дальнейшего серийного производства, то важное значение приобретает такой показатель, как процент выпуска годных изделий в процессе производства. Очевидно, что успешное выполнение условий работоспособности в номинальном режиме не гарантирует их выполнения при учете производственных погрешностей, задаваемых допусками параметров элементов.

Поэтому *целью оптимизации становится максимизация процента выхода годных изделий*, а к результатам решения задачи оптимизации относятся не только номинальные значения проектных параметров, но и их допуски.

Задача математического программирования

Базовая задача оптимизации ставится как задача математического программирования:

extr $F(\mathbf{X})$,

$\mathbf{X} \in \mathbf{D}_x$

$\mathbf{D}_x = \{\mathbf{X} \mid \phi(\mathbf{X}) > 0, \psi(\mathbf{X}) = 0\}$,

где $F(\mathbf{X})$ — целевая функция, \mathbf{X} — вектор управляемых (проектных) параметров, $\phi(\mathbf{X})$ и $\psi(\mathbf{X})$ — функции-ограничения,

\mathbf{D}_x — допустимая область в пространстве управляемых параметров. Запись интерпретируется как задача поиска экстремума целевой функции путем варьирования управляемых параметров в пределах допустимой области.

- В САПР основными методами оптимизации являются поисковые методы. Поисковые методы основаны на пошаговом изменении управляемых параметров $X_{k+1} = X_k + \Delta X_k$, где в большинстве методов приращение ΔX_k вектора управляемых параметров вычисляется по формуле $\Delta X_k = hg(X_k)$.
- Здесь X_k — значение вектора управляемых параметров на k -м шаге, h — шаг, а $g(X_k)$ — направление поиска. Следовательно, если выполняются условия сходимости, то реализуется пошаговое (итерационное) приближение к экстремуму.

- Методы оптимизации классифицируют по ряду признаков.
- В зависимости от числа управляемых параметров различают методы одномерной и многомерной оптимизации, в первых из них управляемый параметр единственный, во вторых размер вектора X не менее двух. Реальные задачи в САПР многомерны, методы одномерной оптимизации играют вспомогательную роль на отдельных этапах многомерного поиска.

Различают методы безусловной и условной оптимизации по наличию или отсутствию ограничений. Для реальных задач характерно наличие ограничений, однако методы безусловной оптимизации также представляют интерес, поскольку задачи условной оптимизации с помощью специальных методов могут быть сведены к задачам без ограничений.

- В зависимости от числа экстремумов различают задачи одно- и многоэкстремальные.
- Если метод ориентирован на определение какого-либо локального экстремума, то такой метод относится к локальным.
- Если же результатом является глобальный экстремум, то метод называют методами глобального поиска.
- Удовлетворительные по вычислительной эффективности методы глобального поиска для общего случая отсутствуют и потому на практике в САПР используют методы поиска локальных экстремумов.

Наконец, в зависимости от того, используются при поиске производные целевой функции по управляемым параметрам или нет, различают методы нескольких порядков.

Если производные не используются, то имеет место метод нулевого порядка, если используются первые или вторые производные, то соответственно метод первого или второго порядка.

Методы первого порядка называют так же градиентными, поскольку вектор первых производных $F(X)$ по N есть градиент целевой функции $\text{grad}(F(X)) = (\partial F/\partial x_1, \partial F/\partial x_2, \dots, \partial F/\partial x_n)$.

Исследование операций

- *Исследование операций - применение математических, количественных методов для обоснования решений во всех областях целенаправленной человеческой деятельности.*

Математическое программирование

- Линейное программирование
- Нелинейное программирование
- Стохастическое программирование
- Динамическое программирование
- Многокритериальная оптимизация