После того, как я увидел большие величины коэффициентов в orbital transfer map (OTM) полной структуры, я решил посмотреть на ОТМ отдельных элементов. Было два варианта:

(1) В структуре есть некоторый элемент (или группа элементов), у которого нестабильная трансфер-матрица. Это бы указывало на вероятную неправильность моего **определения элементов** (несоответствие определений элементов в MAD-X и COSY Infinity).

(2) Трансфер-матрицы отдельных элементов не содержат нестабильностей, но при перемножении матриц появляется нестабильность. Тогда, вероятно, проблема находится на уровне **определения** **структуры**, а не определения элементов.

Касательно пункта (1). Я вычислил ОТМ элементов до **1го** порядка разложения ряда Тэйлора (РТ). Я посмотрел на несколько интересующих меня элементов: квадруполи 231 и 466, соленоид 430, и один из повернутых на 90 градусов секторных магнитов (бендинг в вертикальной плоскости). Матрицы меня не удивили, никаких эксцессов в значениях элементов я не наблюдал. **Единственное**, на уровне 1е-7, определители некоторых матриц (квадруполей и соленоидов) превосходили 1.

Касательно пункта (2). Я точно знаю (OTM структуры вычислен в COSY Infinity), что полный трансфер-мэп нестабилен.

Я решил провести поэлементный трекинг частиц ещё раз. Я обнаружил нарастание амплитуды бетатронах колебаний (как и должно быть, при det(OTM)>1), при сохранении формы колебаний (по крайней мере на глаз).

Мы обнаружили, что у некоторых трансфер-матриц определитель отличен от 1 (см. выше). Так было при попытке вычислять ОТМ до первого порядка разложения РТ. Была гипотеза **(\*)**, что увеличение порядка разложения уменьшит проблему (т.е., “определитель” такого ОТМ будет ближе к 1, чем 1е-7).

При вычислении ОТМ до порядков, больших чем 1, в качестве определителя — на сколько я понимаю! — служит определитель якобиана. То есть, если ОТМ имеет якобиан > 1, такой ОТМ увеличивает объём фазового эллипса.

Я не нашёл процедуру для вычисления якобиана в COSY Infinity, однако при поиске слова “jacobian” в COSY Infinity: Beam Physics Manual, я попал на раздел про симплектичность.

Тогда я решил использовать функцию SE(MAP), которая вычисляет ошибку симплектичности MAP. Гипотеза **(\*)** не подтвердилась; увеличение порядка вычисления ОТМ каждого индивидуального элемента не имело значимого эффекта на SE(MAP):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Порядок вычислений | SE(MAP430) [snake] | SE(MAP450) [matching quad] | SE(MAP466) [regular quad] |
| 1 | 1.77e-10 | 0.0 | 1.23e-17 |
| 3 | 9.15e-12 | 2.69e-17 | 2.55e-17 |
| 5 | 1.81e-11 | 2.69e-17 | 2.55e-17 |
| 7 | 2.53e-11 | 2.69e-17 | 2.55e-17 |

При этом для ОТМ всей структуры, результат гораздо печальнее (соленоиды выключены):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Порядок вычислений | SE(MAP) [24 bends full] изначально | SE(MAP) [24 bends full] после SY MAP |
| 1 | 5.88e-13 | 3.16e-14 |
| 3 | 8.58e-9 | 5.04e-10 |
| 5 | 3.01e-5 | 8.02e-6 |
| 7 | 1.93e-5 | 1.51e-1 |

То же самое, но с включёнными соленоидами:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Порядок вычислений | SE(MAP) [24 bends full] изначально | SE(MAP) [24 bends full] после SY MAP |
| 1 | 7.54e-7 | 2.21e-14 |
| 3 | 1.56e-3 | 2.04e-8 |
| 5 | 39.74 | 4.20e-3 |
| 7 | 1.06e+7 | 7.33e+3 \* |

\* — при работе SY MAP вылезает WARNING IN POTI. То есть, это то, что происходило при трекинге: попытка симплектифицировать ОТМ, которая вызывала WARNING.

**Вывод:** увеличение порядка вычислений никак не сказывается на симплектичности ОТМ входящих в структуру элементов, но при этом **ухудшает** симплектичность ОТМ полной структуры.