

Рецензия

на бакалаврскую дипломную работу

Павла Николаевича Царёва

"Дробные особенности тока через джозефсоновский контакт в переменном внешнем поле"

Данная дипломная работа посвящена теоретическому исследованию нелинейной динамики джозефсоновского контакта с двумя гармониками в ток-фазовом соотношении в присутствии переменного внешнего поля. В работе рассмотрены ступеньки Шапиро — участки постоянного напряжения на вольт-амперной характеристике, возникающие вследствие фазовой синхронизации внутренних и внешних колебаний. Особое внимание уделено возникновению дробных ступенек Шапиро, которые могут наблюдаться при учёте второй гармоники в ток-фазовом соотношении.

На основе резистивной модели джозефсоновского контакта (RSJ) автор анализирует влияние параметров системы на амплитуды дробных ступенек Шапиро. Также рассмотрен диодный эффект, проявляющийся в асимметрии между положительными и отрицательными дробными ступеньками при наличии фазового сдвига между гармониками. Для аналитического исследования использованы методы теории возмущений с обратной связью, что позволило получить выражения для амплитуд ступенек в различных предельных случаях.

Стоит отметить, что изучение дробных ступенек Шапиро, особенно в контексте джозефсоновского диодного эффекта представляет интерес как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения, особенно в перспективе создания новых сверхпроводящих устройств. Постановка задачи, вычисления и результаты изложены чётко, последовательно и логично. Рассмотрено два предельных случая для параметров системы и проверено, что ответы одинаковы в условиях пересечения этих случаев. Результаты работы оригинальные и интересные. Однако хотелось бы сделать несколько замечаний:

1. Обозначение j_s используется не вполне корректно в разделе 3.1 в неравенствах типа $\ll j_s$, поскольку j_s — это функция φ . Было бы лучше использовать вместо него j_1 , учитывая, что в этом разделе предполагается, что $j_2 \ll j_1$.

2. В конце пункта 3.1 указано, что второй порядок теории возмущений по A приводит лишь к уточнению предыдущих результатов. Однако, на первый взгляд не очевидно, почему вклады от разных n и m порядков теории возмущений по (j_{ac}/j_1) и первого и второго порядков по A не могут давать вклады в одну и ту же ступеньку типа n/k . В таком случае

может оказаться, что $A(j_{ac}/j_1)^n \sim A^2(j_{ac}/j_1)^m$, и тогда следует учитывать второй порядок по A . Например, если $A \sim j_{ac}/j_1$, то в одну и ту же ступеньку $3/4$ или $3/5$ могут быть разные вклады одного порядка $A(j_{ac}/j_1)^3 \sim A^2(j_{ac}/j_1)^2$.

3. Из рисунка 1 видно, что ступеньки типа $(k-1)/k$ оказываются относительно большими, хотя из результатов раздела 3.1 следует, что они возникают в $(k-1)$ порядке теории возмущений по (j_{ac}/j_1) , то есть наивно кажется, что они должны быть малыми. Например, $2/3$ оказывается заметно больше $1/3$, а не наоборот. В разделе 3.2 сравнение размеров этих ступенек не проводилось. Было бы хорошо сделать соответствующую оценку для условий раздела 3.2 и установить, если это возможно, при каких параметрах системы как соотносятся размеры таких ступенек. В продолжение этого замечания хотелось бы отметить, что в работе нет прямого сравнения результатов аналитики и численного счёта, хотя, на мой взгляд, это не должно представлять сложностей и было бы существенным аргументом в пользу развитой теории.

Указанные замечания не снижают научную ценность полученных в дипломной работе результатов. В целом, считаю, что дипломная работа Павла Николаевича Царёва "Дробные особенности тока через джозефсоновский контакт в переменном внешнем поле" соответствует всем требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам бакалавров. Рекомендую оценку: "Отлично" (9).

25.06.2025 г.

Доктор физ.-мат. наук,

научный сотрудник ИТФ им. Л. Д. Ландау

С. С. Апостолов