

1 Abstract

Calculating the dynamics of a non-isolated system is generally computationally hard and sometimes even not feasible. Due to that reason, one needs to use different approximations that are detrimental to the accuracy of the results. However, in the majority of the current research papers, people tend to simply use the Markovian master equation (or GKLS.) While it is extremely simple to calculate and it is justified to use it in some circumstances one cannot always trust it as the final answer. This thesis aims to show that there are more ways to deal with open quantum system dynamics that are more reliable and easily implementable –for some systems– than the GKLS equation. Among those, we just focus on those that preserve the positivity of the state, i.e. the dynamics are completely positive.

The results will be presented in increasing order of precision. We begin with the results obtained from the familiar Markovian regime, followed by those obtained under non-Markovian approximations, such as the refined weak coupling approximation and a novel one introduced by us. Additionally, a fermionic resonant model has also been considered and we have shown that it can be solved exactly.

We have also applied the Markovian and non-Markovian dynamics to perform some desired tasks such as charging a quantum battery or estimating the temperature of a system. Finally, we compared the results from different approaches whenever possible.

2 Streszczenie

Obliczanie dynamiki niezolowanego systemu jest generalnie trudne, a czasem nawet niewykonalne. Z tego powodu stosowane sa różne przybliżenia, które niekorzystnie wpływają na dokładność wyników. W większości aktualnych prac badawczych wykorzystywane sa Markowskie równania fundamentalne (GKLS). Chociaż podejście to jest proste obliczeniowo i użycie go jest uzasadnione w pewnych okolicznościach, jednakże nie zawsze można ufać uzyskanym wynikom i traktować ich jako pewnik. Ta praca ma na celu pokazanie, że istnieje więcej sposobów radzenia sobie z dynamika otwartych systemów kwantowych. Sposoby te sa bardziej niezawodne i łatwiejsze do wdrożenia (dla niektórych systemów) niż równanie GKLS. Wśród nich skupiamy sie tylko na tych, które zachowują dodatnia określoność stanu, czyli na dynamice całkowicie dodatniej.

Wyniki zostana przedstawione w kolejności rosnacej dokładności, poczynając od wyników uzyskanych z dobrze znanego reżimu Markowa, następnie uzyskanych przy przybliżeniach niemarkowskich, takich jak udoskonalone przybliżenie słabego sprzężenia, a kończąc na wprowadzonym przez nas nowym przybliżeniu. Dodatkowo rozważony został fermionowy model rezonansowy, dla którego zostało przedstawione ściśle rozwiązanie.

Aby opisać pewne istotne zagadnienia fizyczne, takie jak ładowanie baterii kwantowej czy oszacowanie temperatury systemu użyta została zarówno dy-

namika Markowska jak i niemarkowska. W końcowym etapie pracy wyniki otrzymane dla różnych podejść zostały ze sobą porównane, tam gdzie było to możliwe.