

**ДУАЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ КЛЮЧЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА
АКТИВНО-ИНДУКТИВНУЮ И АКТИВНО-ЕМКОСТНУЮ НАГРУЗКИ**

Д.Б.Бородин

Научный руководитель: профессор, к.т.н В.Д. Семёнов
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Россия, г.Томск, пр. Ленина 40, 634050
E-mail: Borodindanila@mail.ru

**DUALITY OF SWITCHING PROCESSES FOR POWER TRANSISTORS ON ACTIVE-
INDUCTIVE AND ACTIVE-CAPACITIVE LOAD**

D.B. Borodin

Scientific Supervisor: Prof., Ph.D. V.D. Semenov
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050
E-mail: Borodindanila@mail.ru

***Abstract.** In this state, we showed duality of switching processes for power transistors, when it working on reactive load.*

Введение. Постоянное стремление уменьшить массу и габариты электромагнитных элементов и, одновременно увеличить быстродействие регулирования выходной величины, приводит к неуклонному росту частоты коммутации в транзисторных преобразователях электрической энергии. Повышение частоты коммутации приводит к увеличению динамических потерь на переключение транзисторов. Причём, на частоте коммутации в несколько сотен килогерц, в схемах замещения ключей необходимо учитывать паразитные параметры, такие как индуктивность соединительных проводов и выводов транзисторов, а также монтажные и собственные ёмкости силовых транзисторов. В таких схемах замещения, транзисторные ключи всегда работают на реактивную нагрузку, как показано на рис.1 (а,б). Можно считать, что, показанная на рис.1 а), индуктивность L , является индуктивностью соединительных проводов, а ёмкость C на рис.1 б) – собственной ёмкостью транзисторного ключа.

Таким образом, изучение процессов переключения всегда будет оставаться актуальной задачей.

Методы исследования. Анализ переключения транзистора в схеме рис.1 а) проведён в работе [1], где коммутирующий транзистор заменён управляемым источником напряжения с изменяющейся скоростью нарастания напряжения на ключе.

Схема на рис.1 б) исследована в работе [2], в которой коммутирующий транзистор был заменён на управляемый источник тока с изменяющейся скоростью нарастания тока ключа.

Временные диаграммы коммутационных процессов, протекающих в представленных цепях, приведены на рис.2 и рис.3.

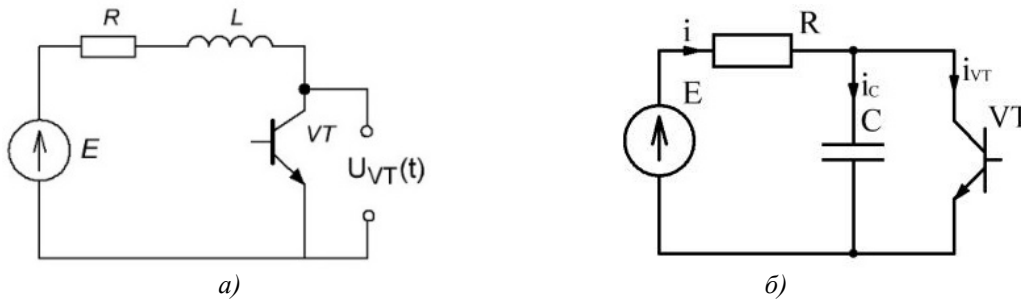


Рис. 1. Исследуемые схемы подключения нагрузки а) активно-индуктивная нагрузка б) активно-емкостная нагрузка

Диаграммы коммутационных процессов, протекающих в исследуемых цепях, представлены на рисунках 2 и 3.

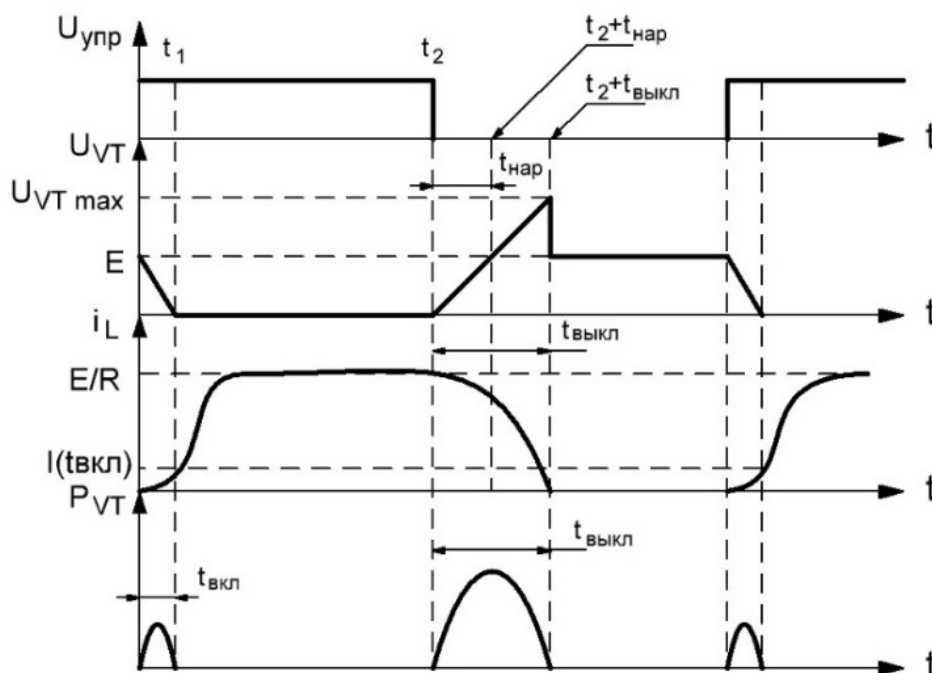


Рис. 2. Диаграммы переключения транзисторного ключа при работе на активно-индуктивную нагрузку

Сравнивая диаграммы на рис.2 и рис.3, можно заметить следующее: при активно-индуктивной нагрузке (рис.2), транзистор включается «мягко», а время включения транзистора $t_{вкл} = t_1 - t_0$ определяется скоростью спада напряжения на транзисторе. Транзистор включается при токе меньшем, чем ток нагрузки, который достигает своего установившегося значения только в момент времени $t_{1(1)}$. Время подключения нагрузки больше времени включения ключа. Выключается транзистор в жёстком режиме, потому что напряжение на транзисторе достигает величины напряжения источника питания при почти номинальном токе нагрузки, а напряжение на транзисторе превышает напряжение источника питания.

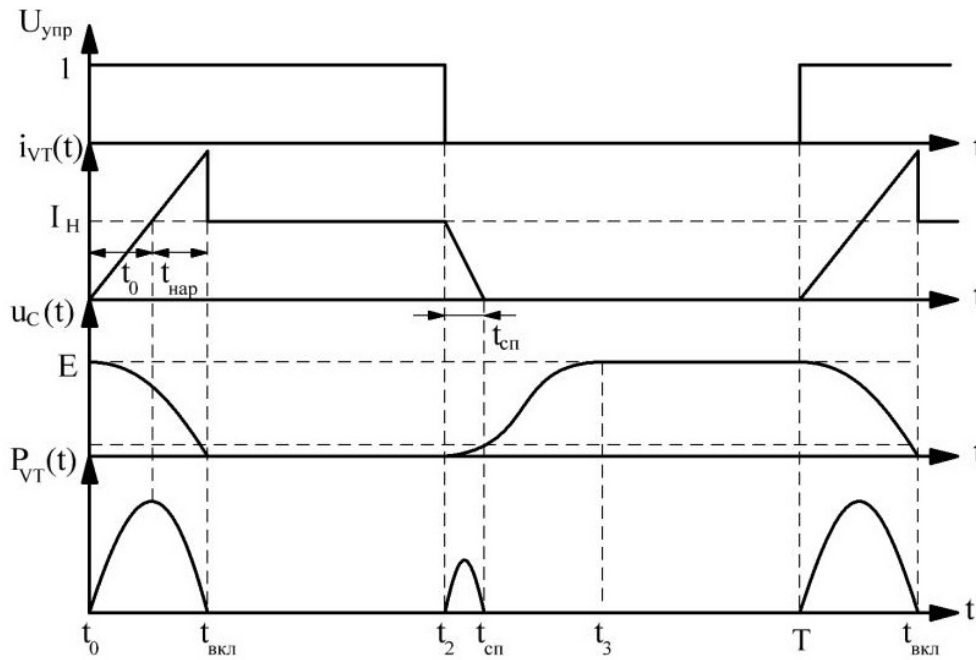


Рис. 3. Диаграммы переключения транзисторного ключа при работе на активно-ёмкостную нагрузку

При активно-ёмкостной нагрузке (рис.3), все процессы дуальны рассмотренным.

Вывод. Действительно, включение транзистора происходит в жёстком режиме, при этом ток включения достигает тока нагрузки, при напряжении на ключе почти равном напряжению источника питания. Ток включения превышает ток нагрузки, а время включения определяется временем разряда ёмкости. Выключение транзистора при активно-ёмкостной нагрузке наоборот, происходит «мягко», при малом напряжении на ключе и полностью определяется скоростью спада тока транзистора. Однако напряжение на активной нагрузке станет равным напряжению источника питания только через некоторое время, в момент времени t_3 . – в этом случае время отключения нагрузки больше времени выключения транзистора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин Д.Б., Семёнов В.Д. Коммутационные процессы в транзисторе при работе на индуктивную нагрузку без нулевого диода // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР-2016». – Томск, 2016. – Часть 2. – С. 191-195.
2. Бородин Д.Б., Семёнов В.Д. Коммутационные процессы в транзисторе при работе на активно-ёмкостную нагрузку // Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов кафедры промышленной электроники: материалы ежегодной научно-практической конференции, под реакцией канд тех. Наук В.Д. Семёнова. – Томск: ТУСУР, 2016. – Вып. 9. – С. 63-68.