

ИЗСЛЕДВАНЕ НА АВТОНОМЕН ИНВЕРТОР НА НАПРЕЖЕНИЕ

доц.к.тн. Д. Д. Юдов

ст.ас. Г. Е. Тодоринов

ст.ас. И. Б. Цеков

Автономните инвертори на напрежение намират най-широко приложение в системите за гарантирано захранване. За средни мощности на товара определени преимущества имат полумостовите автономни тиристорни инвертори. В много случаи се изисква регулиране и стабилизация на изходното напрежение.

В [1,2] са предложени схемни реализации на такива схеми. Недостатък на посочените схеми е разреждането на комутиращите кондензатори през товара, което влошава формата и стабилността на изходното напрежение, особено при разтоварване на инвертора.

В настоящия доклад е разгледана и анализирана работата на нова схема на автономен полумостов тиристорен инвертор на напрежение, при която комутиращите кондензатори не се разреждат през товара (фиг. 1 а)

Допълнително чрез взаимносвързаните индуктивности и се подобряват комутационните качества на схемата. Принципът на действие на схемата добре се обяснява с времедиаграмите на фиг. 1 б, които илюстрират последователността на работа на тиристорите. При отпушване на единия силов тиристор (VS_1) комутиращите кондензатори C_1 и C_2 се зареждат с означения поляритет от захранващия токоизточник през първичната намотка на трансформатора и тиристора VS_1 . Характерно за схемата е, че при отпушване на комутиращия тиристор VS_3 се създават условия за запушване на работещия тиристор VS_1 , а разрядния ток на кондензатора C_1 протича през L_1 , L_2 , R_1 , VD_4 и не протича през товара. При отпушване на следващия работен тиристор (VS_2) се създават условия за резонансно презареждане на кондензатора C_2 по веригата: C_2 , VS_2 , L_1 , VD_3 , като този презареден ток също не тече през товара. По нататък процесите се повтарят.

Наличието на взаимно свързаните индуктивности L_1 и L_2 води до дозареждане на комутиращите кондензатори във функция от натоварването.

Анализът на електромагнитните процеси в схемата е извършен с помощта на симулатор на преобразователни схеми (СПС) [4] при следните общоприети в инженерната практика допускания за елементите,

УЧАСТВУВАЩИ В СХЕМАТА:

- ЗАХРАНВАЩ ТОКОИЗТОЧНИК - ПОСЛЕДОВАТЕЛНО СВЪРЗАНИ ИЗТОЧНИК НА Е.Д.Н. И ВЪТРЕШНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ;
- ИЗХОДЕН ТРАНСФОРМАТОР И КОМУТИРАЩИ ИНДУКТИВНОСТИ - ЛИНЕЙНИ МАГНИТНО-СВЪРЗАНИ ИНДУКТИВНОСТИ, ПРЕДСТАВЕНИ ЧРЕЗ СОБСТВЕНАТА ИНДУКТИВНОСТ НА ЕДНА ОТ НАМОТКИТЕ, СЪПРОТИВЛЕНИЯТА НА ВСИЧКИ НАМОТКИ, КОЕФИЦИЕНТА НА ТРАНСФОРМАЦИЯ НА ВСИЧКИ НАМОТКИ СПРЯМО БАЗОВАТА И КОЕФИЦИЕНТА НА МАГНИТНА ВРЪЗКА МЕЖДУ ОТДЕЛНИТЕ НАМОТКИ;
- ИДЕАЛНИ КАПАЦИТЕТИ И СЪПРОТИВЛЕНИЯ;
- ДИОДИТЕ И ТИРИСТОРТЕ - ПОСЛЕДОВАТЕЛНО СВЪРЗАНИ ОБЕМНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ И ИЗТОЧНИК НА ПРОТИВО Е.Д.Н. (ПРАГОВО НАПРЕЖЕНИЕ) ВЪВ ВКЛЮЧЕНО СЪСТОЯНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛНО СВЪРЗАНИ ОБЕМНО И УТЕЧНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ В ИЗКЛЮЧЕНО СЪСТОЯНИЕ.

МАТЕМАТИЧЕСКИЯТ МОДЕЛ НА СХЕМАТА (СИСТЕМА ДИФЕРЕНЦИАЛНИ И АЛГЕБРИЧНИ УРАВНЕНИЯ ВЪВ ФОРМАТА НА ПРОМЕНЛИВИ НА СЪСТОЯНИЕТО) СЕ ГЕНЕРИРА ОТ ТАКА ПРЕДСТАВЕНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ С ПОМОЩТА НА ТЕНЗОРА НА СЪЕДИНЕНИЯТА НА КРОН [5] И СЕ ПРОМЕНЯ В ХОДА НА СИМУЛАЦИЯТА В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПРОМЯНАТА НА СЪСТОЯНИЕТО НА ВЕНТИЛИТЕ.

Включването на диодите се извършва при достигане със зададена точност на напрежение върху диода по-голямо или равно на праговото напрежение, а изключването - при преход на диодния ток през нулата. Тиристорите се включват както при диодите, но и при наличие на управляващ импулс и остават в това състояние при ток през тиристора по-голям от $1mA$, изключват се както при диодите.

Системата диференциални уравнения се решава по явен способ чрез оценка на матричния експоненциал $EXP(A.t)$ на матрицата на състоянието и стъпката на интегрирането.

Стъпката на интегрирането се избира автоматично по адаптивен алгоритъм, съобразен с честотата на собствените процеси на схемата за всяко получено се в хода на симулацията състояние на вентилите. След промяна на състоянието на някой вентил автоматично се извършва и изчисление с $\Delta t = 0$ при която се оценява възможността за извършване на симулативно мигновени комутации при представянето на вентилите като безинерционни елементи. Стъпката на интегрирането се намалява също адаптивно и в процеса на превключване на вентила до достигане на предварително зададена точност.

Анализът е направен за реален модел на инвертора, изпълнен по фиг.1 а със следните стойности на елементите: $E = 24 V$; $C_1 = C_2 = 34 \cdot 10^{-6} F$

$$R_d' = (0,4 \div 5) \Omega ; T = 20 \text{ msec} ; t_n = 3 \text{ msec} ; L_g = 240 \mu\text{H}$$

$$L_z = 80 \mu\text{H} ; R_1 = R_2 = R_3 = 0,05 \Omega ; K_{\text{тр}} = 12$$

ТЕОРЕТИЧНИЯТ АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСИТЕ В СХЕМАТА ПОКАЗВА НАЛИЧИЕТО НА СЛОЖНИ ВЗАИМНО СВЪРЗАНИ КОМУТАЦИОННИ ПРОЦЕСИ, КОИТО ТРУДНО МОГАТ ДА БЪДАТ ОЦЕНЕНИ ЧРЕЗ РЕАЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ. КАТО ИЛЮСТРАЦИЯ МОЖЕ ДА СЕ ПОСОЧИ НАЛИЧИЕТО НА ДЕСЕТ ПОСЛЕДОВАТЕЛНИ ПРЕХОДНИ СЪСТОЯНИЯ НА СХЕМАТА ПРИ ВКЛЮЧВАНЕ НА РАБОТЕН ТИРИСТОР, НЯКОИ ОТ КОИТО СА НЕОСЪЩЕСТВИМИ ПО ОТНОШЕНИЕ НА КОЛИЧЕСТВОТО РЕАКТИВНА ЕНЕРГИЯ, ЦИРКУЛИРАЩА В СХЕМАТА ДО ЗАВЪРШВАНЕ НА КОМУТАЦИОННИЯ ИНТЕРВАЛ. БРОЯТ НА ПРЕХОДНИТЕ СЪСТОЯНИЯ ЗАВИСИ ОТ СТОЙНОСТТА НА ЕЛЕМЕНТИТЕ В СХЕМАТА.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИЯТ И ТЕОРЕТИЧНИЯТ АНАЛИЗ НА СХЕМАТА Е НАПРАВЕН ЗА РАЗЛИЧЕН ХАРАКТЕР НА ТОВАРА И ПРИ РАЗЛИЧНИ СТОЙНОСТИ НА КОМУТИРАЩИТЕ КОНДЕНЗАТОРИ И БОБИНИ. КАТО ИЛЮСТРАЦИЯ ЗА ФУНКЦИОНАЛНОСТТА НА СХЕМАТА НА ФИГ. 2 СА ПОКАЗАНИ НАПРЕЖЕНИЕТО НА РАБОТНИЯ ТИРИСТОР И СХЕМНОТО ВРЕМЕ ЗА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ, КАТО КРИВА 1 СЕ ОТНАСЯ ЗА ТЕОРЕТИЧНО ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ, А КРИВА 2 - ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА. ИЗСЛЕДВАНИТЕ ВЕЛИЧИНИ СА ДАДЕНИ В ОТНОСИТЕЛНИ ЕДИНИЦИ:

$$U_{a,1}^* = \frac{U_{a,1}}{E} ; R_{d,2}^* = \frac{R_{d,2\text{ном}}}{R_d} ; t_{c,6} = \frac{2t_{c,6}}{T}$$

СХЕМАТА Е ИЗСЛЕДВАНА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО И ТЕОРЕТИЧНО ПРИ ШИМ НА ИЗХОДНИЯ СИГНАЛ С ПЕТ ИМПУЛСА В ПОЛУПЕРИОД, ИЗМЕНЯЙКИ СВОЯТА ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ ПО СИНУСОИДАЛЕН ЗАКОН. ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ПОКАЗВАТ ПО-ГОЛЯМА ЗАВИСИМОСТ НА ВРЕМЕТО ЗА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ И НАПРЕЖЕНИЕТО ВЪРХУ ТИРИСТОРИТЕ ОТ НАТОВАРВАНЕТО И ОБЩО ПО-МАЛКО ВРЕМЕ ЗА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ В СРАВНЕНИЕ С РАБОТАТА НА СХЕМАТА ПРИ ШИР (КРИВА 3, ПОЛУЧЕНА ТЕОРЕТИЧНО).

ПРИ СРАВНЕНИЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ СЪС СЪЩИТЕ ОТ [3] И ПО ДВАТА МЕТОДА НА МОДУЛАЦИЯ НА ИЗХОДНОТО НАПРЕЖЕНИЕ СЕ ВИЖДА:

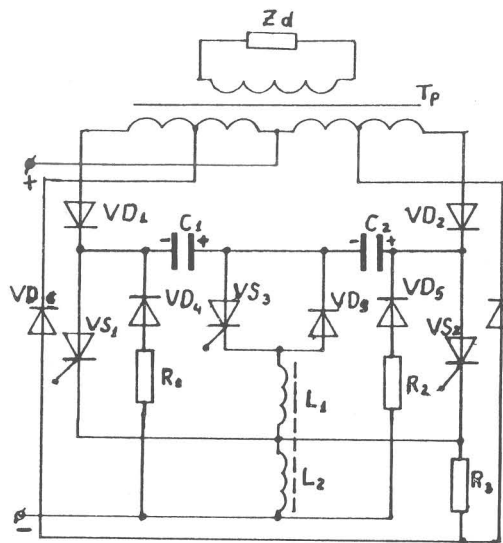
1. Отскоците в изходното напрежение са много по-малки при разглежданата схема и зависят само от времеконстантата на зарядната верига.

2. При разглежданата схема напрежението върху тиристорите е високо и по-слабо зависи от натоварването.

3. Схемното време за възстановяване също слабо зависи от натоварването, особено при широко импулсно регулиране на изходния сигнал.

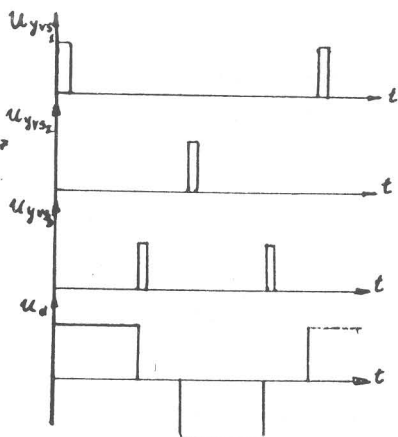
ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. А С № 37215 НРБ , Петков Р. и др.
2. А С № 92132 НРБ , Юдов Д. и др.
3. "ИЗСЛЕДВАНЕ НА АВТОНОМНИ ИНВЕРТОРИ НА НАПРЕЖЕНИЕ" I НК "ЕЛЕКТРОННА ТЕХНИКА ЕТ-90"
4. СИМУЛАТОР НА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛНИ СХЕМИ - РЪКОВОДСТВО ЗА ПОТРЕБИТЕЛЯ.
5. *"Tensor Analysis of Networks"-Kron Gabriel*

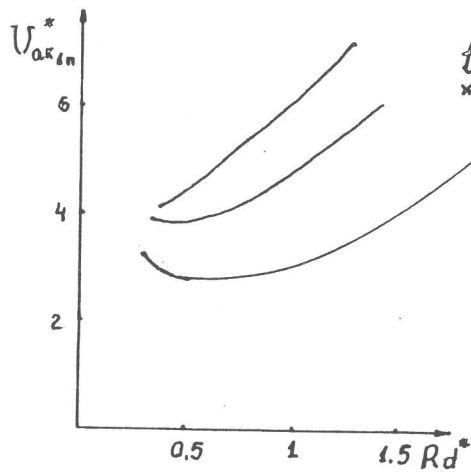


(a)

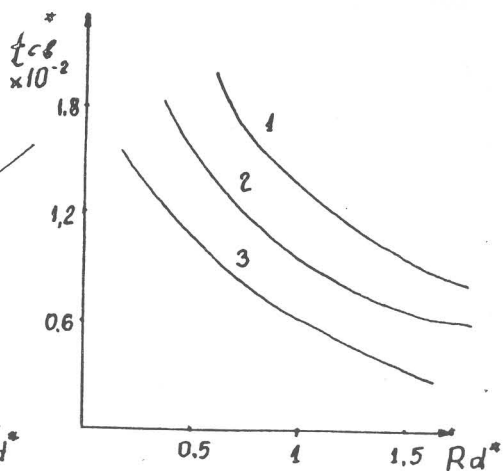
Ф у е. 1



(δ)



(a)



(δ)

Ф у е. 2