

ТОВАРНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛЕН РЕЗОНАНСЕН ИНВЕРТОР

Доц.д-р инж. Никола ГРАДИНАРОВ, инж. Николай ХИНОВ
Технически университет - София
Камегра "Силова електроника"

The paper gives the curves of the load characteristics of the resonance inverters, plotted by using the coefficient of the inverter's load - B and by considering the bounds of its variation, as well. These characteristics allow the determination of the inverter's behavior, when load change occurs. They also help for easier and quicker design of such inverters.

За намиращите широко приложение режими на естествена комутация и граничен режим е в сила следният израз за товарният ток:

$$(1) \quad i(t) = \frac{2kU_d}{\omega_0 L} e^{-\delta t} \sin \omega_0 t,$$

Валиден за мостовата схема показана на фиг.1, където $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \delta^2}$ е резонансната честота на последователния кръг, $\delta = \frac{R}{2L}$ - затихването на последователния резонансен кръг, U_d - захранващото напрежение, $k = \frac{1}{1 - e^{-\omega_0}}$ - коефициент на разколебаване.

За да може да бъде изследвано поведението на инвертора в процеса на работа при промяна на управляващата честота и товара е удобно израза за тока (1) да бъде написан в следния вид:

$$(2) \quad i(\vartheta) = \frac{2kU_d}{\omega_0 L} e^{-\frac{\delta \vartheta}{\omega}} \sin \frac{\pi}{\lambda} \vartheta,$$

където $\vartheta = \omega t$, ω - управляваща честота, $\lambda = \pi \frac{\omega}{\omega_0} = \pi v$ - ъгъл на проводимост на вентиите, v - коефициент на прекъснатост;

Връзката между коефициента на разколебаване k и коефициента на товара $B = \frac{1}{fRC}$ (където f - управляваща честота, R - товарно съпротивление, C - комутиращ кондензатор) е следната:

$$(3) \quad k = \frac{1}{1 - e^{-\frac{\pi^2}{Bv} \left(1 + \frac{\delta^2}{\omega_0^2} \right)}}.$$

Тя е показана на фиг.2.

Изразът за средният ток през тиристорите в относителни единици спрямо тока $I_0 = \omega C U_d$ се определя с интеграла:

$$(4) \quad I_{av} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\omega C U_d} \int_0^\lambda i(\theta) d\theta = \frac{2kB}{\pi^2 \sqrt{\left(\frac{\delta}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2}} \frac{\delta}{\omega_0} \sin \alpha \left[1 + e^{-\frac{\delta \lambda}{\omega}} \right], \quad \text{където}$$

$$\alpha = \arctg \frac{\omega}{\pi},$$

$$\lambda$$

Зависимостта на този ток от коефициента на товара B е показана на фиг.3.

За определянето на външната характеристика е необходимо да бъде определена ефективната стойност на товарният ток:

$$I_T = \sqrt{\left(\frac{1}{\pi} \int_0^\lambda \left(\frac{2kU_d}{\omega_0 L} e^{-\frac{\delta \theta}{\omega}} \sin \frac{\pi}{\lambda} \theta \right)^2 d\theta \right)}$$

и следователно товарното напрежение в относителни единици спрямо захранващото напрежение U_d (при активен товар) е:

$$(5) \quad U_T = \frac{U_T}{U_d} = \frac{I_T R}{U_d} = \frac{4k\delta}{\omega_0} \sqrt{\left(1 - e^{-\frac{2\delta\lambda}{\omega}} \right) \left(\frac{\omega}{4\pi\delta} - \frac{\cos \alpha}{4\pi \left(\left(\frac{\delta}{\omega} \right)^2 + \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2 \right)} \right)}.$$

Външната характеристика е построена на фиг.4.

Във функция на коефициента на товара са построени в относителни единици спрямо захранващото напрежение U_d максималните прави и обратни напрежения върху приборите. Те са илюстрирани на фиг.5 и фиг.6, а също така и напрежението на комутиращия кондензатор - фиг.7.

Схемното време за възстановяване на тиристорите при граничен режим - t_q ($\omega = \omega_0$) и липса на магнитна връзка между комутиращите индуктивности се определя с уравнението [Л1]:

$$(6) \quad e^{-\delta t_q} \left(\cos \omega_0 t_q - \frac{\delta}{\omega_0} \sin \omega_0 t_q \right) = \frac{1}{k}.$$

При режим на естествена комутация към това време се добавя и интервала на паузата - t_{II} , определен от разликата между резонансната и управляващата честоти на последователния резонансен кръг т.e.

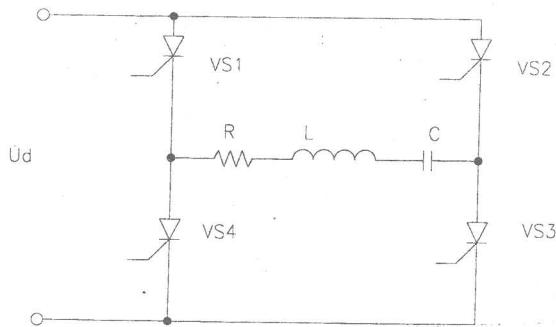
$$(7) \quad t_{II} = \frac{\pi}{\omega} - \frac{\pi}{\omega_0}.$$

Камо се решъ числено уравнение (6) и отчитането на изразъ (7) може да се построи зависимостта на схемното време за възстановяване в относителни единици спрямо периода на изходното напрежение при промяна на коефициента на товара B . Тази зависимост е показана на фиг.8.

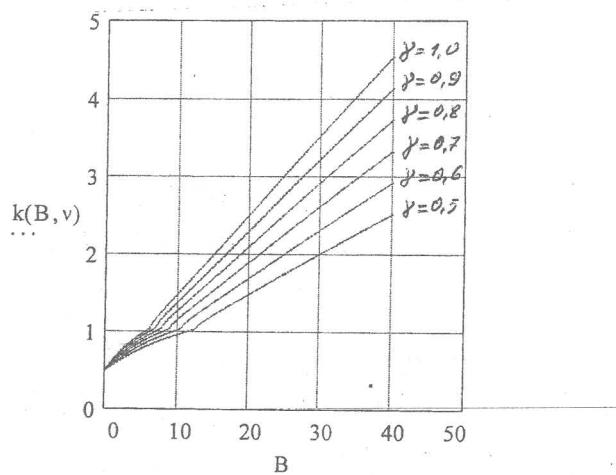
Направеното разглеждане позволява да бъде оценена работата на последователния резонансен инвертор в условия близки до реалните и да се изготви алгоритъм на работа на системата за управление съобразно изискванията на различните технологични режими. Графично построението зависимости на величините характеризиращи работата на инвертора, позволяват инженерното му проектиране. Разглежданятията важат и при активно-индуктивен товар, като товарната индуктивност се добавя към комутатора.

ЛИТЕРАТУРА:

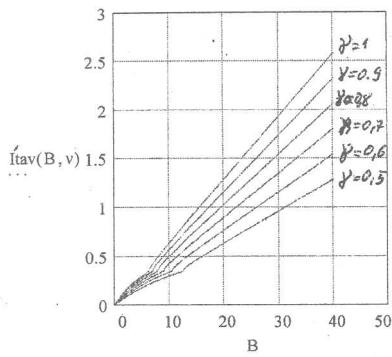
1. Начев Н., Г. Ю. Малеев, "Силова електроника", Техника, София, 1979 г.
2. Беркович Е. И., Г. В. Ивенский и др., "Тиристорные преобразователи повышенной частоты для электротехнологических установок", Энергоатомиздат, Ленинград, 1983 г.



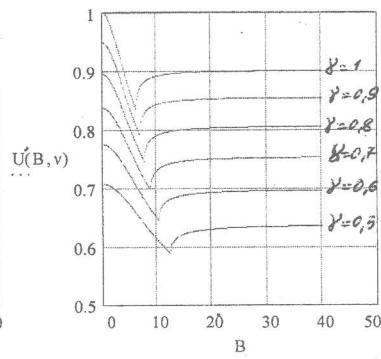
Фиг.1



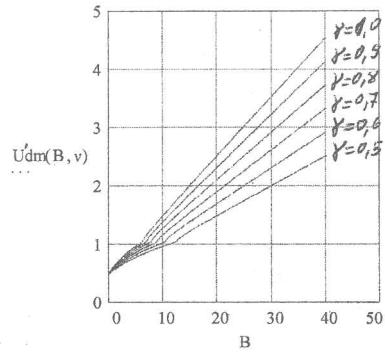
Фиг.2



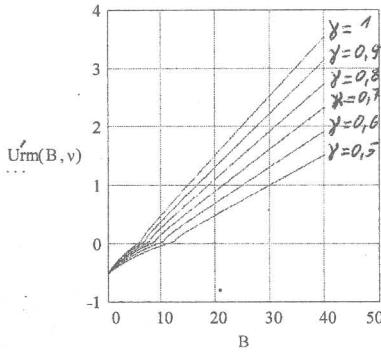
фиг. 3



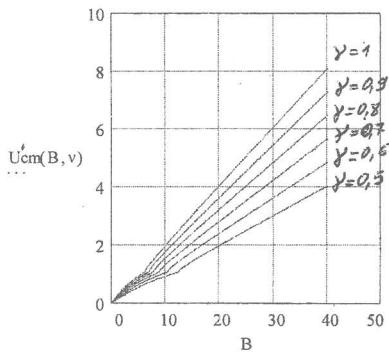
фиг. 4



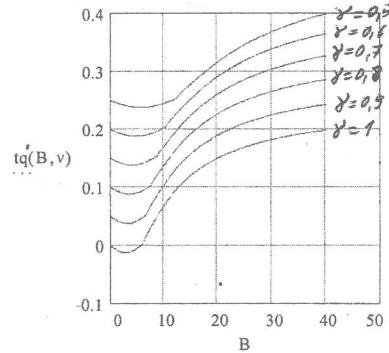
фиг. 5



фиг. 6



фиг. 7



фиг. 8