

Математическо моделиране и изследване
на последвателен резонансен инвертор
за CO₂ заваряване

гл.з. Георги Петров Ташков
ВМЕИ-Варна, 1993г.

Експерименталните изследвания, прведени от автора и опитът на редица водещи фирми показват надеждната работа на последвателните резонансни инвертори в качеството им на преобразуватели на напрежение с повишена честота [1]. Необходимостта да се изследват режимите на елементите на източника в зависимост от товара и качеството на заваръчния процес в зависимост от параметрите на източника изисква разработването на общ математически модел на токситичния и тсвара.

Математическият модел на тсвара се представя чрез характеристиките на изграждащите го двуплюсници – електрическа дъга, електричен излаз, преход "електрод-вана", електрически контакт "заваръчна горелка – електричен проводник", изделие, заваръчен кабел.

Електрическата дъга в защитна среда от CO₂ представлява последвателността от цикли, състоящи се от фаза на горене на дъгата и фаза на к.с. на разрядната междина. Напрежението на дъгата се определя от уравненията:

$$U_d = U_{dk} + U_{cm.g} \quad (1)$$

$$U_{cm.g} = E_{cm.g}(i_d) \cdot l_d \frac{i(t)}{i_0} \quad (2)$$

където: U_{dk} – приелектродно падение на напрежението; $E_{cm.g}(i_d)$ – напрегнатост на електрическото поле в стълба на дъгата; l_d – дължина на стълба на дъгата; $i(t)$ – моментна стойност на тока през разрядния стълб; i_0 – ток на състоянието на дъгата [2].

Напрежението U_{dk} не зависи от силата на тока и дължината на дъгата. При заваряване в среда от CO₂ се приема, че $U_{dk} = (16,5 + 17,5)V$.

Напрегнатостта на електрическото поле в стълба на дъгата, използвайки едно от известните решения [3], се определя от за-

ВИСИМОСТТА.

$$E_{cmg}(i) = -2,6522 \cdot 10^{-8} i^3 + 4,6957 \cdot 10^{-5} i^2 - 1,9339 \cdot 10^{-2} i + 4,4071, \quad (3)$$

а дължината на разрядната междина – ст съотношението:

$$l_{ij} = L_{np} - V_n \cdot t - l_k(t) + \int_0^t V_r \cdot dt \quad (4)$$

където: L_{np} – дължина на дъгата след разкъсване на прехода "електрод – вана"; V_n, V_r – скорост на подаване и топене на електрода; $l_k(t)$ – размер на капката по оста на електрода.

Ако процесът на топене на електрода се приеме за безинерционен, то скоростта на топене е пропорционална на заваръчния ток $i(t)$ [4] като

$$V_r = a \cdot i(t), \quad (5)$$

където: a – коефициент на топене.

Размерът на капката се определя от уравнението:

$$l_k(t) = \frac{\sqrt{r_p^2 \int_0^t V_r \cdot dt + \sqrt{(r_p^2 \int_0^t V_r \cdot dt)^2 + r_p^6}} - \sqrt{(r_p^2 \int_0^t V_r \cdot dt)^2 + r_p^6} - r_p^2 \int_0^t V_r \cdot dt}{2} \quad (6)$$

където: r_p – радиусът на електродния проводник.

В излиза на електрода се отделя във вид на топлина почти цялата мощност, отдадена от токзиточника по време на късите съединения на разрядната междина. Приема се, че съпротивлението на електрода R_U остава линейно и относително постоянно по време на заваряването, като

$$R_U = \rho_e \frac{L_U}{S_e} \quad (7)$$

където: ρ_e, S_e – специфично съпротивление и площ на напречното сечение на електрода; L_U – дължина на излиза.

Останалите участъци на заваръчната верига сказват по-малко влияние и се пренебрегват.

Уравненията от (1) до (7) предизвикват заваръчния процес да се спие като нелинеен, пулсиращ във времето тсвар и представляват сенсвата на динамичния модел, посредством който може да се изследва заваръчния токзиточник в характерните му режими. Принципната схема на заваръчния токзиточник (фиг.1) и уравненията (1) + (7) дават сенсване системата "токзиточник – тсвар" да се представи чрез еквивалентната схема от фиг.2, която се списва от СДУ [5]

$$\begin{cases}
 p_{i3} = \frac{1}{L_1 + L_d} (F_1 \cdot E_d - U_T - U_k) + \frac{L_1 - L_d}{L_1 + L_d} p_{i4} \\
 p_{i4} = \frac{1}{L_1 + L_d} (-F_1 \cdot E_d - U_T + U_k) + \frac{L_1 - L_d}{L_1 + L_d} p_{i3} \\
 p_{i1} = \frac{1}{L_T} [U_T - R_T \cdot i_1 - F_2 (U_{dk} + U_{cmg}) - F_3 \cdot R_u \cdot i_1] \\
 p_{Uk} = \frac{1}{2Ck} (i_3 + i_4) \\
 p_{U_T} = \frac{1}{C_T} (i_3 + i_4 - i_1)
 \end{cases} \quad (8)$$

където: $F_1 = 1$ при пресвояващи V_{S1}, V_{D1} ; $F_1 = 0$ при пресвояващи V_{S2}, V_{D2} ; $p_{i3}(p_{i4}) = p_{i3}(p_{i4})$ при $i_3(i_4) > 0$; $p_{i3}(p_{i4}) = 0$ при $i_3(i_4) = 0$; $F_2 = 1, F_3 = 0$ при $l_g > 0$; $F_2 = 0, F_3 = 1$ при $l_g = 0$.

Заваръчните свойства на тесксохранващия източник зависят не само от силвата му част, но и от системата за управление. По аналогия с реалните пресобразуватели моделът на системата за управление реализира четирен принцип на управление. В него са заложени три алгоритма за регулиране: следящ – за защита на тиристорите от едновременна пресвояемост; стабилизиращ – за фазата на дъгов разряд; програмен – за фазата на к.с. на разрядната междина [6,7]. Функционалната схема на модела на системата за управление е показана на фиг.3, където: ИЗ – инерционно звено; С – суматор; Р – регулатор; ПНВ – пресобразувател "напрежение-време"; КК – комутатор на канали; ДПТ – датчик на първичен тск; ДВН – датчик на вторично напрежение.

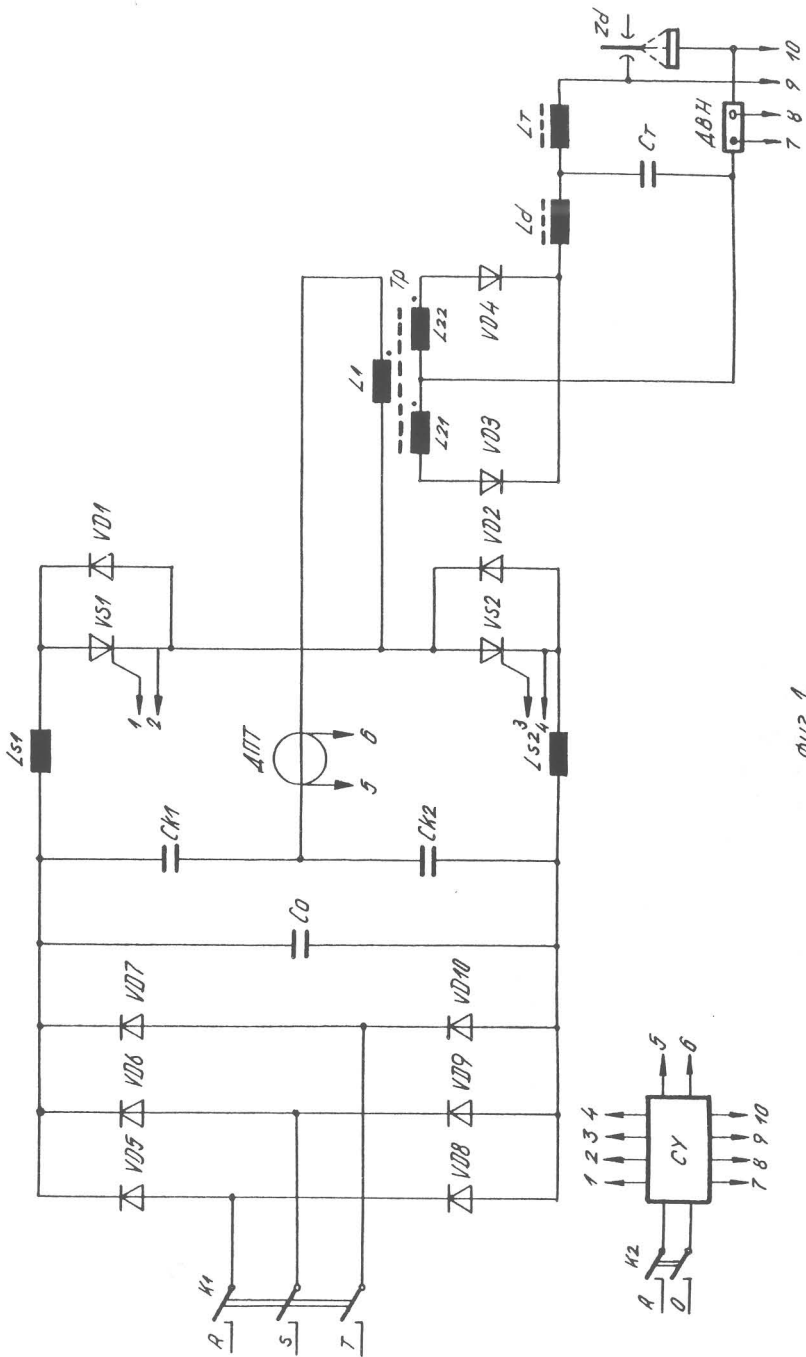
Резултатите от изследването на най-важните, от гледна точка на експлоатацията, показатели – напрежение на дъгата U_T , заваръчен тск I_T , максимално напрежение на комутиращите кондензатори U_{cm} и първичен заваръчен тск $I_{1пр}$ – са показани на фиг.4.

Проведените изследвания показват надеждната работа на предложаваните резонансни инвертори като пресобразуватели с повишена честота, адекватността на предложения динамичен модел на заваръчната дъга в защитна газова среда от CO_2 и нелинейната зависимост на характеристиките на заваръчния тескизточник от схемните му параметри.

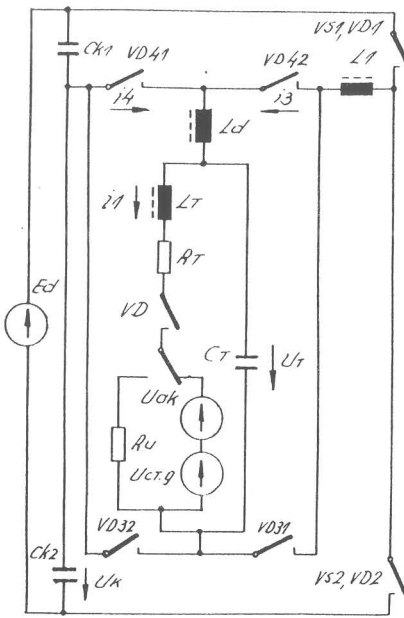
ЛИТЕРАТУРА

1. Ташков Г.П., Математическо моделиране и изследване на независими резонансни инвертори за заваряване, Сб.рез. на докл., Варна, 29-31 октомври, 1992.

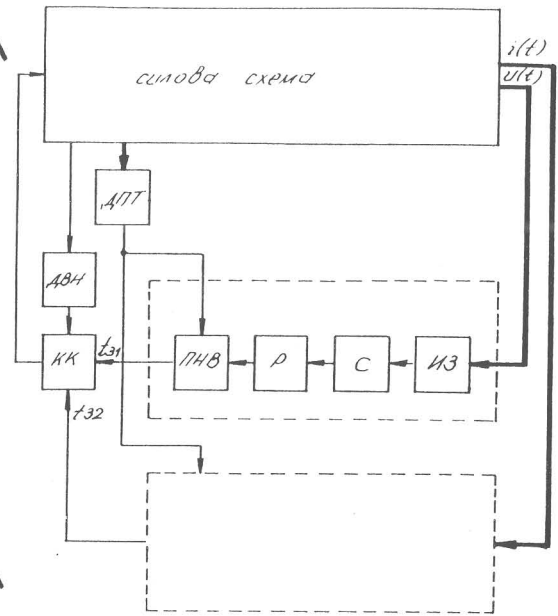
2. Пентегсв И.В., Математическая модель отсджа динамической электрической дуги, Авт.св., 1976/6.
3. Белсусова Л.Б., Приближенное решение уравнения Эленбааса - Геллера и расчет характеристик дуги, Теплофизика вис. темп., 1971/9, 6.
4. Лебедев А.В., Структурная схема процесса саморегулирования дуги при переносе металла с короткими замыканиями, Авт.св., 1978/5.
5. Борисов В.И., Цексв И.Б., Тсшксв Г.П., Моделиране и изследване на електрически режим на системата резонансен инвертер - изксден исправител - ссбсжен тсвар, Сб.рез.на дскл.ст първа нац. научнс-прил.кснф., Дони, 1990г.
6. Юдсв Д.Д., Гигсв Х.И., Тсшксв Г.П., Бурилксв Е.К., АС М42715, ВЗК9/10, стп.26.02.1988, публ.в бюл.№2/15.02.1988, Метсд и устройство за управление на автсномен тиристорен инвертер за заваряване.
7. Гигсв Х.И., Юдсв Д.Д., Тсшксв Г.П., Спссб управление на свсрочного источника тока, Сб.дскл. от НТК, 14-15 май, ТУ "К.Кондо", Будапешт, 1986.



Ф.У.2. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

