

РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА ТОКА ПРИ ПАРАЛЕЛНА РАБОТА НА ЗВЕНА В ТИРИСТОРНИ РЕЗОНАНСНИ ИНВЕРТОРИ

доц.к.т.н.инж. Румен Каров
ст.ас. инж. Кина Ковачева

АНОТАЦИЯ

Разглежда се един подход за анализ на разпределението на токовете в паралелно работещи звена в тиристорни резонансни инвертори. Изведени са формули за моментната и средна стойност на отклонението на тока в първото включило се звено спрямо средноаритметичния ток в случай на работа с разделен капацитет и обща индуктивност.

ВЪВЕДЕНИЕ

Изследването на проблемите на паралелната работа на звената в многозвенни тиристорни резонансни инвертори представлява достатъчно сложна и с определено практическо значение задача в теорията на тиристорните преобразуватели

Съществен момент в тази задача е анализът на разпределението на тока в паралелно свързаните звена. Направеното проучване на литературните източници показва, че до момента има направени изследвания на паралелната работа на тиристори, които са относително слабо свързани с посочената задача.

Целта на настоящия доклад е да се направи анализ на разпределението на тока при паралелна работа на звена в тиристорни резонансни инвертори.

ОГРАНИЧЕНИЯ НА ЗАДАЧАТА

Обект на изследването е многозвенов последователен резонансен инвертор (фиг.1.) с n паралелно свързани звена.

На фиг.2. е показана еквивалентната схема на инвертора. Направени са следните допускания:

1. Моделът на тиристора е приет за целите на задачата като последо-

вателно свързване на идеален ключ К, източник на прагово напрежение U_0 и съпротивление R_{dyn} , което влиза в общото съпротивление на загубите r .

2. Тиристорите $T_1 - T_n$ имат различно време на включване t_{gt} , различно прагово напрежение U_0 и еднакво динамично съпротивление R_{dyn} .

3. Тиристорът T_1 има минимално време на включване t_{gtmin} , а останалите тиристори $T_2 - T_n$ имат някакво средно време на включване t_{gtmean} .

Разликата във времената на включване е:

$$\Delta t = t_{gtmean} - t_{gtmin}$$

4. Общото активно съпротивление r на звената е еднакво.

5. Кондензаторите в паралелните клонове имат еднакви електрически параметри.

ФОРМУЛИРАНЕ НА ЗАДАЧАТА

Нека означим с i_1 моментната стойност на тока през първото звено, а с i_{mean} средноаритметичната стойност на тока в схемата:

$$i_{mean} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n i_k$$

Отклонението на тока в първото звено е

$$\Delta i_1 = i_1 - i_{mean}$$

Ще търсим израз за моментната стойност $\Delta i_1(t)$ и средната стойност Δi_1 на отклонението на тока в звеното с най-неблагоприятен режим на работа (най-малко време на включване на тиристора).

РЕШЕНИЕ НА ЗАДАЧАТА

1. Израз за Δi_1 за интервала от време $t \leq \Delta t$

В интервала от време $t \leq \Delta t$ е включен само T_1 . Еквивалентната схема добива вида, показан на фиг.3 (U_0 и r са пренебрегнати).

Токът i , който е същевременно и токът i_1 през първото звено е:

$$i_1 = i = \frac{kE_0}{\omega L} e^{-\delta t} \sin \omega t, \quad (1)$$

където k е коефициент на периодичност

$$k = \frac{1}{1 - e^{-\delta\pi/\omega}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \delta^2}$$

Поради това, че $t \leq \Delta t$ и Δt е малко, може да се приеме

$$e^{-\delta t} = 1,$$

$$\sin \omega t = \omega t.$$

В такъв случай изразът (1) добива вида:

$$i_1 = i = \frac{kE_0}{L} t$$

За моментната стойност на Δi_1 при $t \leq \Delta t$ се получава

$$\Delta i_1(t) = \frac{(n-1)}{n} \frac{kE_0}{L} t, \quad (2)$$

а за началното отклонение на тока Δi_{10} за $t = \Delta t$

$$\Delta i_{10} = \frac{n-1}{n} \frac{kE_0}{L} \Delta t.$$

II. Израз за моментната стойност на отклонението на тока $\Delta i_1(t)$ за $t \geq \Delta t$.

При $t \geq \Delta t$ са включени всички тиристоры (еквив. схема - фиг.2).

Уравненията за електрическо равновесие на тази схема имат вида:

$$\left| \begin{array}{l} \frac{1}{C} \int i_1 dt + r_{i1} + U_{01} = \frac{1}{C} \int i_2 dt + r_{i2} + U_{02} \\ \frac{1}{C} \int i_1 dt + r_{i1} + U_{01} = \frac{1}{C} \int i_j dt + r_{ij} + U_{0j} \\ \frac{1}{C} \int i_1 dt + r_{i1} + U_{01} = \frac{1}{C} \int i_n dt + r_{in} + U_{0n} \end{array} \right. \quad (3)$$

Разглеждането се прави по отношение на тока в първо звено.

От (3) се получава диференциалното уравнение

$$\frac{1}{C} \int i_1 dt + nr i_1 + nU_{01} = \frac{1}{C} \int idt + ri + U_{0mean} \quad (4)$$

където

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n ,$$

$$U_{0mean} = \frac{U_{01} + U_{02} + \dots + U_{0n}}{n} .$$

От (4) след известно преобразуване се получава

$$\frac{1}{C} \int \Delta i_1 dt + r \Delta i_1 + \Delta U_{01} = 0 , \quad (5)$$

където $\Delta U_{01} = U_{0mean} - U_{01}$.

Като се вземе пред вид, че за $t = \Delta t$, $\Delta i_1(\Delta t) = \Delta i_{10}$, решението на (5) дава следния израз за моментната стойност на отклонението на тока:

$$\Delta i_1(t) = \Delta i_{10} e^{-(t - \Delta t)/rC} + \frac{\Delta U_{01}}{r} (1 - e^{-(t - \Delta t)/rC}) \quad (6)$$

III. Израз за средната стойност на отклонението на тока ΔI_1 през първото звено.

Средната стойност на тока се извежда след интегриране на (2) и (6).

$$\Delta I_1 = \frac{1}{T} \int_0^{\Delta t} \Delta i_1(t) dt + \frac{1}{T} \int_{\Delta t}^{\tau} \Delta i_1(t) dt , \quad (7)$$

където

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} , \quad \tau = \frac{\pi}{\omega_0} , \quad \text{а } \omega = \sqrt{\frac{1}{LnC} - \delta^2}$$

ω_0 - собствена честота на инверторната верига.

Решението на (7) относно ΔI_1 като се вземе предвид, че $\tau \gg \Delta t$ води до следния израз:

$$\Delta I_1 = \frac{\omega_0}{2\pi} \frac{n-1}{n} \frac{kE_0}{L} \Delta t r C (1 - e^{-\tau/rC}) + \frac{\omega_0}{2\pi} \frac{\Delta U_{01}}{r} \left[\tau - rC(1 - e^{-\tau/rC}) \right] \quad (8)$$

Изразът (8) дава възможност да се определи средното отклонение на тока ΔI_1 при зададени параметри на инверторната верига.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кръстев Г. Анализ на разпределението на тока при паралелната работа на тиристорни. ЕП 9/74.
2. Аптер Э. Исследование индуктивных схем выравнивания токов с учетом неодновременности включения тиристоров. Электричество 8/70
3. Каров Р. Някои обобщения в теорията на автономните инвертори с използване на коефициента на периодичност за схемите. Сборник доклади на II Национална научно-приложна конференция с международно участие Електронна техника ЕТ - 93, том 2.

Karov R., Kovatcheva K., A distribution of current at a parallel work of links in thyristor resonance inverters

An approach to analysis for the distribution of currents in links, working at a parallel in thyristor resonance inverters is considered.

Formulas for the momentary and the average values of the diversions of the current in the first included link are obtained in comparison with the average arithmetic value of the current in the case of work with separate condensers and a common inductivity.

These formulas give a possibility to determine the diversion of the current through the link at assigned parameters of the inverter chain.

