

THE INFLUENCE OF THE INTERPHASE REACTOR ON THE OPERATION OF 12-PULSE AC/DC THYRISTOR RECTIFIER

Abstract

The parallel connection of 6-pulse component bridges in the 12-pulse rectifier requires associating inductors. The article presents an analysis of the influence on interphase reactor on the operation of 12-pulse AC/DC thyristor converter. A very important issue is to set the limit value of the load current, at a given firing angle of the thyristors which is working properly.

Keywords: AC/DC converter, power quality, interphase reactor, line currents, controlled rectifiers, multi-pulse AC/DC converters

1. Introduction

AC/DC converters are non-linear electrical loads which generate the higher harmonic currents into the power systems. Current deformations causes the increase of the active power losses and voltage waveform distortion in the AC networks. Multi-pulse systems (q -pulse) are used in order to reduce higher harmonic currents and voltages to the value specified by international standards.

It is possible to increase q number in the classical approach by series or parallel connection of p number of 3-phase bridges which are supplied by transformers with required phase shifting.

$$\phi = \frac{2\pi}{q p} \quad (1)$$

where: p – number of parallel connected 6-pulse bridges, q – pulse number.

Serial connection is not generally used because of increase in the total voltage drop on conducting semiconductor devices. Parallel connection requires interphase reactors enabling independent operation of the component bridges.

2. 12-pulse thyristor rectifier

An example of solution significantly reducing line current distortions of the network is the 12-pulse controlled rectifier which is an extension of 12-pulse diode rectifier with modulation in DC current circuit.

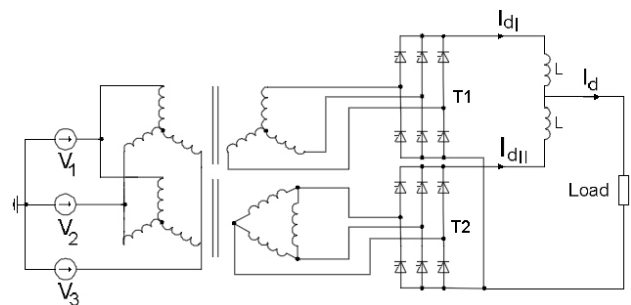


Fig. 1. 12-pulse thyristor rectifier

The rectifier consists of two parallel connected 6-pulse thyristor bridges supplied by Y/Y and Y/ Δ transformers with the required 30° phase shifting. This shifting is necessary for the proper operation of the 12-pulse rectifier and allows to obtain stair shape of the line supply currents.

Simulation investigations have shown that properly selected interphase reactors cause the 12-pulse controlled rectifier works as multipulse rectifier.

Taking into account:

$$\begin{aligned} I_{dI} + I_{dII} &= I \\ I_{dI} &= I_{dII} \end{aligned} \quad (2)$$

The value of inductance L at the given firing angle of thyristors and the load current I_d should be such that amplitudes of the currents components bridges T1 and T2 are equal to half value of the load current. Load unbalance of the bridges, which can be seen

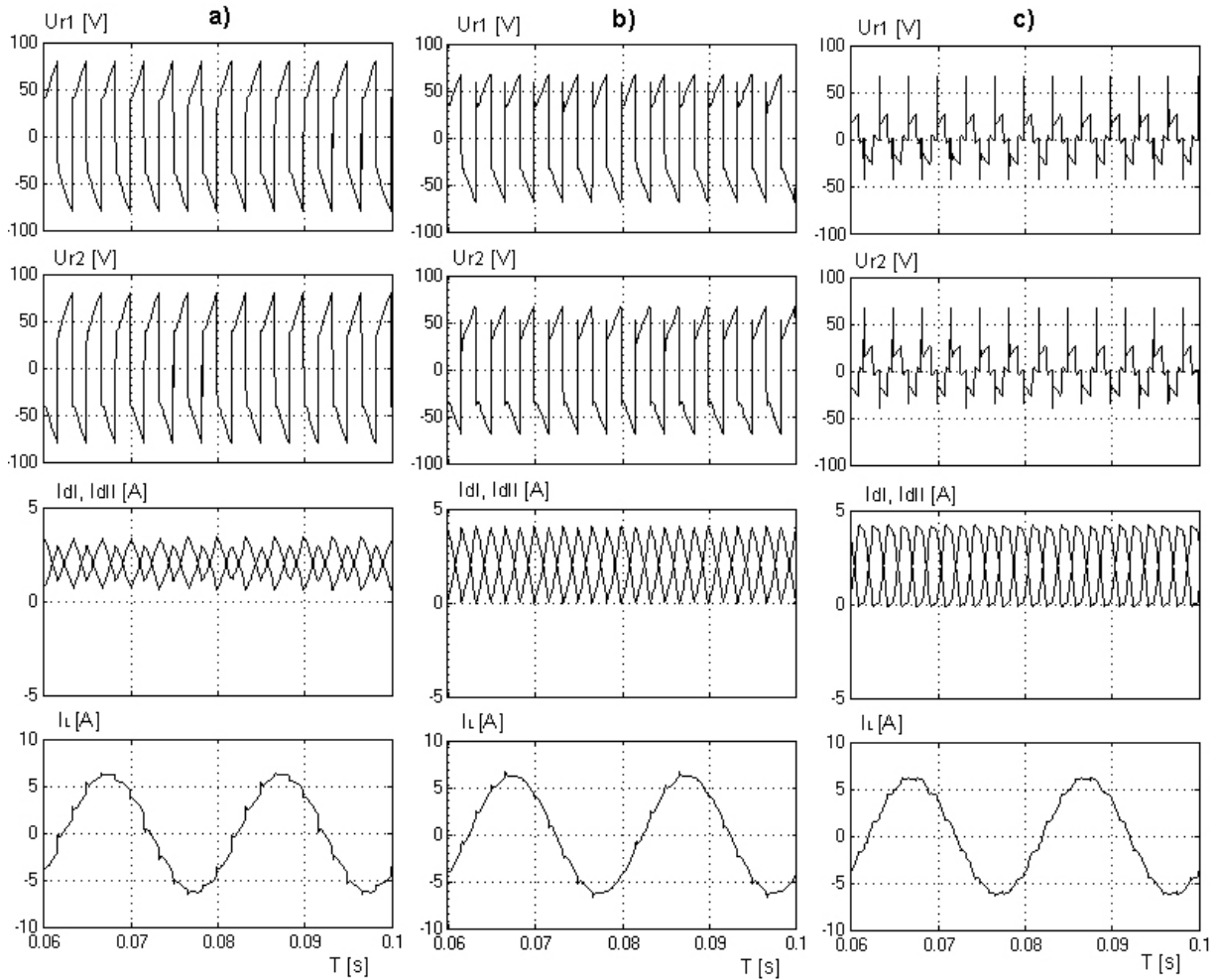


Fig. 2. Influence of interphase reactor on the load level of the component bridges T1 and T2 at the given firing angle $\alpha = 45^\circ$: a) $L = 0.04$ H, b) $L = 0.02$ H, c) $L = 0.005$ H

in Figure 2 results from the initial conditions of the system. It can be seen that the bridge which first begins to operate i.e. gets the first pulse of thyristors, takes part in the load current of the second bridge, which is attached at the end of 1.66 ms (delay angle 30°). Assymetry in the load of both bridges is directly

dependent on the value of the load I_d and interphase reactor L .

The simulations showed that for a given firing angle of thyristors there is a correlation between inductance of interphase reactors L and value of the load I_d for the 12-pulse rectifier working as multipulse converter.

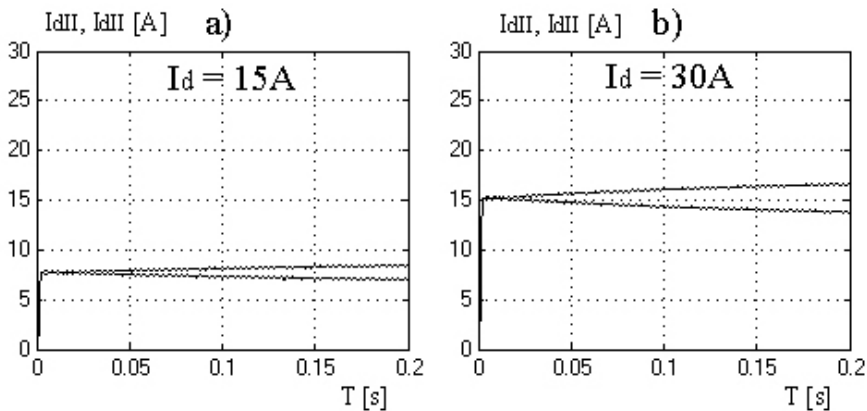


Fig. 3. The influence of the loading current on the component bridges current assymetry: $L = 0.5$ H, $\alpha = 18^\circ$

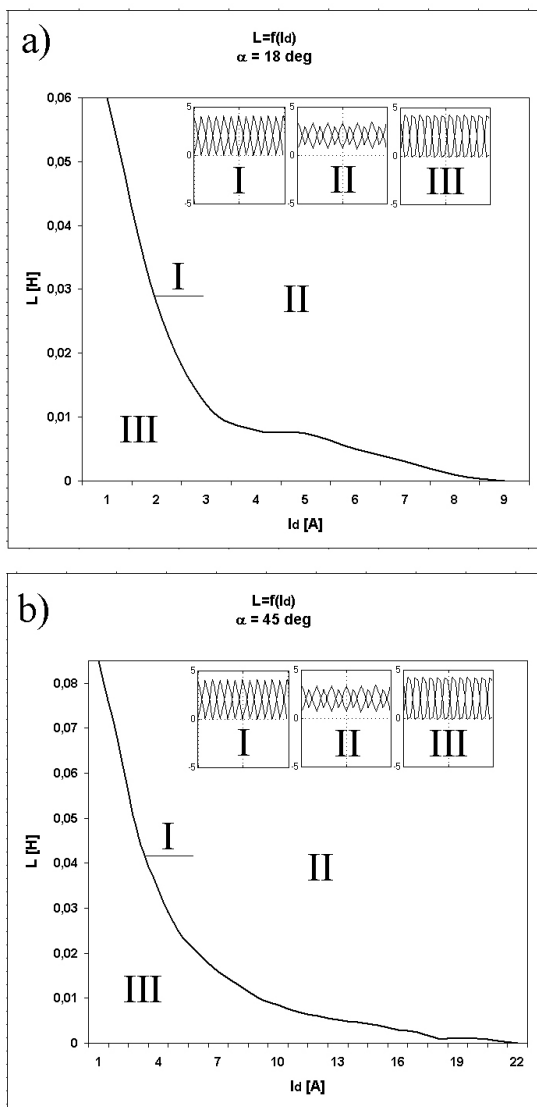


Fig. 4. The dependence of interphase reactor inductance on loading current $L = f(I_d)$: I – multipulse operation, II – underload operation, III – overload operation

3. Conclusions

The properly selected firing angle of thyristors in relation to a specified loading current result in time-varying loads of the components bridges T1 and T2 in such way that the sum of the loading currents I_{d1} and I_{d2} of these systems is equal to loading current I_d of the rectifier. Suitable values of inductance Figure 4 provides the multi-pulse operation of the rectifier. The shape of line currents of the converter in consequence is close to sinusoidal.

References

- [1] Rolek J.: *Układy prostowników wielopulsowych z modulacją w obwodzie prądu stałego*. „Przegląd Elektrotechniczny” 2008, 5(84), ISSN 0033-2097.
- [2] Anrvindan A.N., Pushpakarthick P.: *24- pulse rectifier realization 3-phase to four 3-phase transformation using conventional transformer*. NPEC 2010.
- [3] Miyairi S., Iida S., Nakata K., Masukawa S.: *New Method for Reducing Harmonics Involved in Input and output of Rectifier with Interphase Transformer*. IEEE Trans. On Industry Applications, IA-22 (5), pp. 790–797.
- [4] Kapłon A., Rolek J.: *Analysis of Multipulse Rectifiers with Modulation in DC Circuit in Vector Space Approach*. 2008 13th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC 2008).
- [5] Paice D.A.: *Power Electronic Converter Harmonics Multipulse Methods for Clean Power*. IEEE PRESS New York 1996.
- [6] Younis M., Rahim N., Mekhlef S.: *Harmonic reduction in a three-phase rectifier with sinusoidal current*. Power System Technology, 2002. PowerCon 2002. International Conference, Vol. 4, pp. 2251–2255.

Acknowledgement

The research has been partially funded by: NCN – research project N N510 356936.

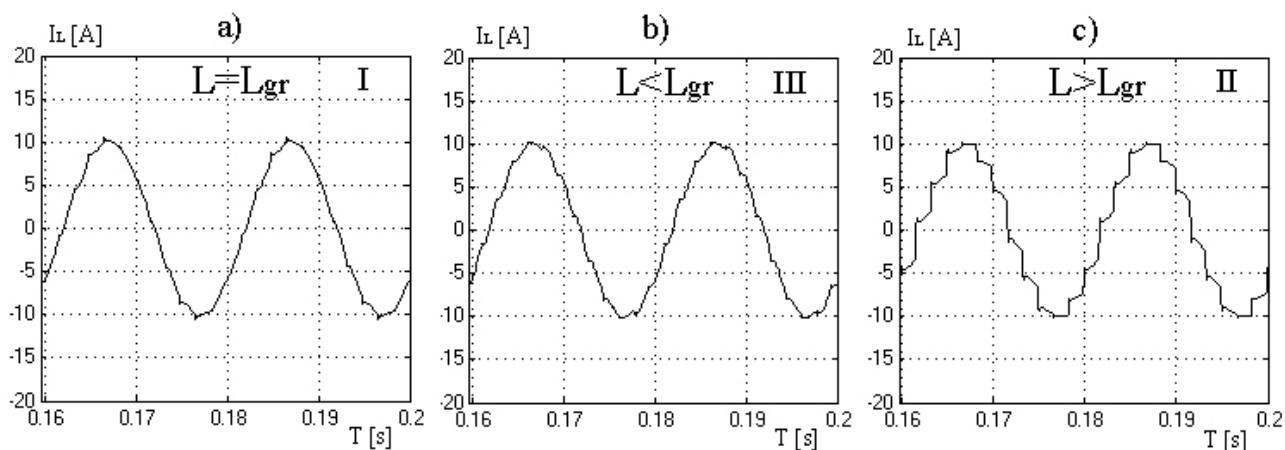


Fig. 5. The line current waveforms for loads as shown in Figure 4, respectively

Paweł Stawczyk

Wpływ dławika kojarzącego na pracę tyrystorowego prostownika 12-pulsowego

1. Wprowadzenie

Przekształtniki AC/DC są nieliniowymi obciążeniami elektrycznymi, które generują wyższe harmoniczne prądów do linii zasilającej. Odształcenia prądu powodują zwiększanie strat mocy oraz deformację kształtu napięcia w sieci zasilającej. W celu zredukowania wyższych harmonicznych prądów oraz napięć do wartości przewidzianej przez międzynarodowe standardy stosuje się przekształtniki wielopulsowe (q -pulsowe).

W klasycznych rozwiązaniach zwiększenie liczby pulsów q uzyskuje się poprzez szeregowo lub równoległe połączenie p trójfazowych układów mostkowych zasilonych przez transformator o symetrycznym układzie napięć wtórnych przesuniętych względem siebie o kąt określony przez zależność (1).

Szeregowo połączenie jest rzadko stosowane ze względu na zwiększenie spadków napięć na przewodzących łącznikach. Połączenie równoległe wymaga zaś stosowania dławika kojarzącego, który zapewnia niezależną pracę składowych układów mostkowych.

2. 12-pulsowy prostownik tyrystorowy

Przykładem rozwiązania znacznie zmniejszającego odształcenia prądu liniowego w sieci zasilającej jest prostownik 12-pulsowy sterowany, który jest rozwinięciem koncepcji prostownika 12-pulsowego z modulacją w obwodzie prądu stałego.

Prostownik składa się z dwóch równoległe połączonych 6-pulsowych mostków tyrystorowych zasilonych przez transformator, którego uzwojenia wtórne połączone są odpowiednio w Y/Y oraz Y/ Δ , co powoduje przesunięcie układu napięć fazowych o kąt elektryczny 30° . Kąt ten zapewnia poprawną pracę 12-pulsowego prostownika i pozwala uzyskać 12-schodkowy kształt liniowych prądów zasilających.

Badania symulacyjne wykazały, że dla poprawnie dobranej wartości indukcyjności dławika kojarzącego, 12-pulsowy prostownik tyrystorowy pracuje jak prostownik multipulsowy.

Wartość indukcyjności L dla danego kąta wysterowania tyrystorów oraz prądu obciążenia I_d powinna

być taka, by amplitudy prądów składowych mostków T1 oraz T2 były równe połowie wartości prądu obciążenia. Asymetria obciążenia każdego z mostków, co pokazuje rysunek 2, wynika z warunków początkowych układu. Można zauważyć, że mostek, który jako pierwszy włączy się do pracy, tzn. jako pierwszy zostanie załączony impulsem wyzwalamym tyrystory, przejmuje część prądu obciążenia mostka drugiego, który jest dołączany po upływie 1,66 ms (opóźnienie kątowe 30°). Asymetria obciążenia obu mostków zależy bezpośrednio od wartości prądu obciążenia I_d oraz indukcyjności L dławika kojarzącego.

Przeprowadzone symulacje wykazały, że przy określonym prądzie obciążenia I_d istnieje optymalna wartość kąta wysterowania tyrystorów, zależna od indukcyjności dławika kojarzącego L , dla której 12-pulsowy prostownik tyrystorowy wykazuje cechy przekształtnika multipulsowego.

3. Wnioski

Poprawnie dobrany kąt wysterowania tyrystorów w stosunku do zadanej wartości prądu obciążenia zapewnia zmienną w czasie asymetrię mostków składowych T1 oraz T2 w ten sposób, że suma prądów I_{d1} oraz I_{dII} tych układów jest równa całkowitemu prądowi obciążenia I_d prostownika. Odpowiednio dobrana wartość indukcyjności (rys. 4) umożliwia multipulsową pracę prostownika. Kształt prądów zasilających przekształtnika jest w konsekwencji bliski sinusoidalnemu.