

ВЛИЯНИЕ НА ВИСШИТЕ ХАРМОНИЦИ НА РЕЖИМА НА РАБОТА НА ТРИФАЗНИ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МАШИНИ

Евтим Кърцелин¹, Йоана Младенова¹, Румен Исталиянов¹, Иван Проданов², Илия Йочев³, Николай Минеков⁴,

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София.

² «Ен ЕМ КО» ЕООД, гр. София

³ „Рудметал“ АД, гр. Рудозем

⁴ „Асарел-Медет“ АД – гр. Панагюрище

РЕЗЮМЕ. Показано е влиянието на висшите хармоници върху работата на трифазни електрически машини. Анализирани са използваните методи за ограничаване на вредното влияние на висшите хармоници.

КЛЮЧОВИ ДУМИ : висши хармоници, вредно влияние, електрически машини, методи за ограничаване.

INFLUENCE OF THE HIGH ORDER HARMONICS ON THE BEHAVIOR OF THE THREE-PHASE MACHINE

Evtim. Kartselin¹, Ioana Mladenova¹, Rumen Istalianov¹, Ivan Prodanov², Iliia Jochev³, Nikolai Minekov⁴,

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

² «EN EM KO» EOOD, .Sofia

³ „Rudmetal“ AD, Rudozem

⁴ „Asarel-Medet“ AD, Panaguriste

ABSTRACT. The publication contains description of the influence of the high order harmonics on the behavior of the three-phase electrical machines and analysis of the methods used for limitation of the harmful effects, caused by the high order harmonics, as well.

KEYWORDS: high order harmonics, harmful effects, electrical machines, methods used for limitation.

Въведение

Съществено предимство на трифазните електрически системи е възможността за получаване на въртящо се електрическо поле [5,6]. Наличието на висши хармоници в електроснабдителните мрежи оказват съществено влияние върху работата на всички електромеханични преобразуватели, построени на принципа на въртящото се магнитно поле. За осигуряване на електромагнитната съвместимост на електропотребителите в една електроенергийна система, са разработени стандарти с които се определят показатели и норми за качество на електрическата енергия.

В доклада е показано влиянието на висшите хармоници върху работата на трифазни електрически машини с въртящо се магнитно поле.

Анализ за влиянието на висши хармоници на режима на работа на трифазни електрически машини

Висшите хармоници на тока и напрежението в трифазни електрически вериги оказват съществено влияние на техните свойства и режим на работа. За това влияние се разглежда конкретния хармоник на трифазно напрежение. Системата трифазни хармоници на напрежението е възможно да се запише по следния начин:

$$\left. \begin{aligned} U_{AK} &= U_{km} \sin(k\omega t + \Psi_k) \\ U_{BK} &= U_{km} \sin(k\omega t + \Psi_k - \frac{2k\pi}{3}) \\ U_{CK} &= U_{km} \sin(k\omega t + \Psi_k + \frac{2k\pi}{3}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

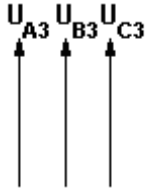
Ще се направи анализ на системата уравнения (1) за различни номера на висшите хармоници.

Трети и кратните на три хармоници, $k=3n$, при $n=1,2,3,4,5,\dots$ ($k=3,6,9,12,\dots$).

Например, при $k=3$ се получава следната система уравнения:

$$\left. \begin{aligned} U_{A3} &= U_{3m} \sin(3\omega t + \Psi_3) \\ U_{B3} &= U_{3m} \sin(3\omega t + \Psi_3 - 2\pi) \\ U_{C3} &= U_{3m} \sin(3\omega t + \Psi_3 + 2\pi) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

По системата уравнения (2) се построява векторната диаграма, показана на фиг.1.



Фиг.1

От векторната диаграма следват изводите:

- дадените хармоници присъстват във всички фази;
- тези хармоници имат еднаква големина;
- хармониците нямат фазово изместване;

Извод: Тези хармоници не образуват въртящо се магнитно поле също така, както не образува въртящо се поле и еднофазния ток.

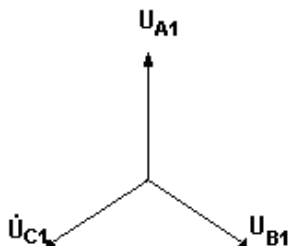
Тези хармоници не създават нито момент, нито мощност на вала на електрическата машина, а само безполезно нагреват намотките на статора в резултат на увеличаване на топлинните загуби и намаляват КПД на машината.

Хармоници с номер $k=3n+1$ при $n=0,1,2,3,\dots$ ($k=1,4,7,10,\dots$).

Например, при $k=1$ се записва следната система висши хармоници за трифазна верига:

$$\left. \begin{aligned} U_{A1} &= U_{1m} \sin(\omega t + \Psi_1) \\ U_{B1} &= U_{1m} \sin(\omega t + \Psi_1 - \frac{2\pi}{3}) \\ U_{C1} &= U_{1m} \sin(\omega t + \Psi_1 + \frac{2\pi}{3}) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

По системата уравнения се построява векторната диаграма, показана на фиг.2:



Фиг.2. Векторна диаграма за висши хармоници на напрежение с номер $k=3n+1$.

От фиг.2 следва, че висшите хармоници с номер $k=3n+1$ образуват симетрична трифазна система напрежения. Последователността на редуване на фазите на тези хармоници съвпада с последователността на фазите на първия хармоник.

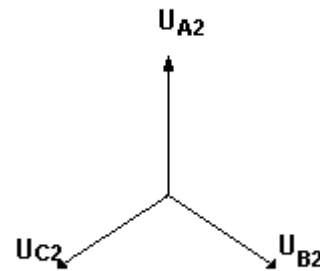
Тези хармоници създават въртящо се магнитно поле с права последователност. Те са полезни, защото създават въртящ момент и мощност на вала на машината.

Хармоници с номер $k=3n-1$, при $n=1,2,3,\dots$ ($k=2,5,8,11,14,\dots$).

Например за $k=2$ се записва следната система уравнения:

$$\left. \begin{aligned} U_{A2} &= U_{2m} \sin(2\omega t + \Psi_2) \\ U_{B2} &= U_{2m} \sin(2\omega t + \Psi_2 - \frac{4\pi}{3}) \\ U_{C2} &= U_{2m} \sin(2\omega t + \Psi_2 + \frac{4\pi}{3}) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

С използване на системата уравнения (4) се построява векторната диаграма, показана на фиг.3:



фиг.3. Векторна диаграма за висши хармоници в трифазна електрическа верига с номер $k=3n-1$.

От векторната диаграма на фиг.3 следват изводите:

1. Висшите хармоници на напрежението с номер $k=3n-1$ образуват трифазна симетрична система напрежения с обратна последователност.
2. Тези хармоници създават въртящо се магнитно поле, но с посока на въртене, обратна спрямо с посоката на полето на основния хармоник.
3. Тези хармоници не само безполезно нагреват намотките на електрическите машини, но и намаляват момента и мощността на машината.

Заклучение

Висшите хармоници с номер 1,4,7,10,13 образуват трифазна система напрежения с права последователност.

Висшите хармоници с номера 2,5,8,11,14.....образуват трифазна система напрежения с обратна последователност.

Висшите хармоници с номера 3,6,9,12..... образуват трифазна неуравновесена система напрежения с нулева последователност.

Получените резултати ще се използват при избора на технически средства за ограничаване вредното влияние на висшите хармоници на работата на трифазни електрически машини с въртящо се магнитно поле.

Литература

БДС 10694 Електрическа енергия. Норми за показатели за качество на електрическата енергия при приемниците.

*Препоръчана за публикуване от катедра
„Електрификация на минното производство“, МЕМФ*

БДС EN 50 160:2003. Характеристики на напрежението та електрическата енергия, доставяна от обществените разпределителни електрически системи.

IEEE Standard 519-1992. Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power systems The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993.

Ваис А.А., Лурье М. С., Лурье О.М., Электротехника, Сиб. гос.техн. у-я, Красноярск, 2005, част III.

Зевеке Г.В., и др., Основы теории цепи, М., Энергия, 1975.

Кожзаров А.С., Стефанов С. А., Теоретични основи на електротехниката, С., ДИ "Техника", 1978, част I.