

УДК 621.313.323

**Н.Н. Чепендюк, аспирант***Севастопольский национальный технический университет**Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: [root@sevgtu.sebastopol.ua](mailto:root@sevgtu.sebastopol.ua)***ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ синхронного ГЕНЕРАТОРА НА ПРОЦЕСС РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

*Рассмотрены параметры импульсного регулирования возбуждения синхронного генератора (СГ): коэффициент форсировки и длительность импульсов тока в обмотке возбуждения (ОВ) и оценено их влияние на напряжение генератора.*

Оптимизация параметров энергосистемы судна с целью повышения качества электроэнергии – одна из актуальных задач современной электромеханики, а эффективным способом ее решения является создание и исследование генераторов с улучшенными энергетическими показателями.

В [1,2] показана возможность оптимизации судовых энергосистем путем замены генераторов с аналоговым возбуждением на импульсные системы возбуждения.

В [3] описан способ импульсного регулирования судового СГ (рисунок 1), заключающийся в том, что выпрямляется трехфазное напряжение СГ, измеряются временные интервалы каждого такта пульсаций выпрямленного напряжения  $U_n$ , которые сравниваются с заданным опорным напряжением, и в результате формируются импульсы напряжения  $U_f$ , подаваемые на обмотку возбуждения, величина которых определяется режимом работы СГ.

**Цель статьи** – определить характер влияния параметров импульсного регулирования, таких как коэффициент форсировки и длительность импульса тока на обмотке возбуждения, на выходное напряжение синхронного генератора при параметрической стабилизации напряжения.

Выпрямление напряжения генератора осуществляется трехфазным мостом Ларионова, на выходе которого имеется шесть импульсов выпрямленного напряжения за один период напряжения генератора. Таким образом, за один период ( $T=0,02$  с) на обмотку возбуждения генератора подается двенадцать импульсов напряжения  $U_f$ .

Напряжение пульсаций  $U_n$  на выходе выпрямителя (рисунок 2) записывается в виде

$$U_n = \sqrt{3}U \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{m} + \omega t\right) \Big|_{120}^{60}, \quad (1)$$

где  $U$  – амплитуда напряжения генератора, В;  $m=6$  – количество тактов выпрямителя;  $\omega=314$  – угловая частота, рад/с.

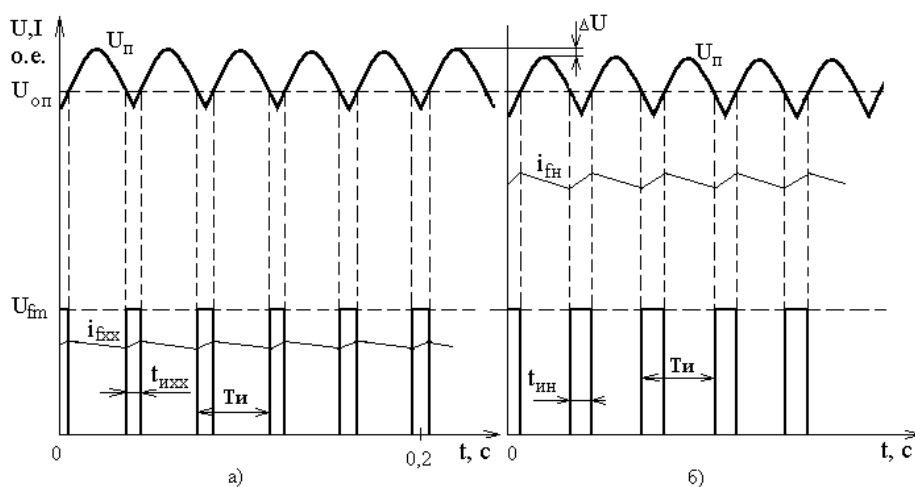


Рисунок 1 – Регулирование возбуждения СГ по пульсациям выпрямленного напряжения:

а) на холостом ходе; б) под нагрузкой ( $U_n$  – пульсации выпрямленного напряжения СГ;

$U_{оп}$  – заданное опорное напряжение;  $U_{fm}$  – максимальное значение напряжения питания обмотки возбуждения;

$T_n$  – период подачи импульсов на обмотку возбуждения;  $t_{in}$  – ширина импульсов, подаваемых на обмотку возбуждения;  $i_f$  – ток возбуждения)

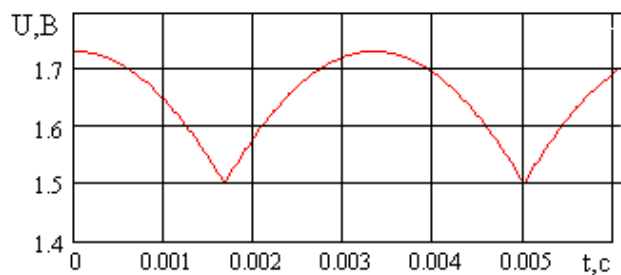


Рисунок 2 – Сигнал на выходе трехфазного выпрямителя

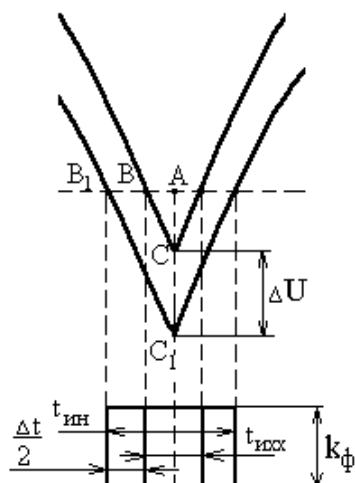


Рисунок 3 – Зависимость приращения ширины импульса напряжения возбуждения от изменения напряжения генератора

Схема управления подачи импульсов  $U_f$  настроена таким образом, что при снижении напряжения СГ по любым причинам ток возбуждения возрастает, а при увеличении – уменьшается. Для любого варианта нагрузки находится точка пересечения напряжения СГ внешней характеристики и тока возбуждения регулировочной характеристики, которая является рабочей точкой генератора с определенными значениями напряжения и тока возбуждения. Статическое отклонение

напряжения СГ от номинального значения является односторонним (только в сторону уменьшения) и определяется параметрами схемы стабилизации тока возбуждения – количеством тактов выпрямления напряжения СГ  $m$  и максимальным значением напряжения возбуждения  $U_{fm}$ .

В статических режимах при незначительном изменении напряжения СГ ширина импульсов  $t_{ин}$ , подаваемых на обмотку возбуждения, изменяется в зависимости от величины и характера нагрузки (рисунок 3), что обеспечивает регулирование напряжения  $U_f$  с небольшой статической ошибкой. Рассмотрим этот процесс подробнее (рисунок 4).

При номинальном напряжении генератора для импульсного и постоянного возбуждения мощности в обмотке возбуждения равны

$$S_1 = S_2,$$

где  $S_1 = I_i \cdot T$ ,  $S_2 = I_{действ} \cdot t_H$ .

Так как коэффициент форсировки определяется отношением действующего в произвольный момент времени  $I_{действ}$  и номинального  $I_i$  токов возбуждения, то можно записать

$$k_{\phi} = \frac{I_{действ}}{I_i} = \frac{T_H}{t_H}.$$

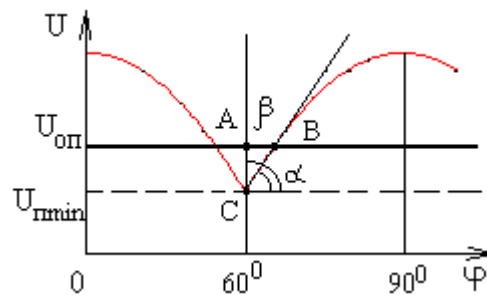


Рисунок 5 – Изменение угла наклона касательной при изменении напряжения генератора форсировки

При изменении нагрузки (при  $k_\phi = \text{const}$ ) для поддержания мощности в обмотке возбуждения (для стабилизации напряжения генератора) ширина импульса должна быть увеличена. Следовательно, приращение напряжения генератора  $\Delta U$  пропорционально приращению ширины импульса  $\Delta t$  (рисунок 4). Опишем эту зависимость.

Известно, что достаточно малое изменение функции в окрестности точки В зависит от приращения аргумента линейно

$$\Delta f = f' \cdot \Delta x,$$

поэтому в данном случае (рисунок 5), когда  $U_n$  определяется соотношением (1), следует

$$U'_t = \text{tg} \alpha = \frac{AC}{AB} = \sqrt{3}U_\omega \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{m} + \omega \cdot t\right).$$

Из подобия треугольников ABC и AB<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (рисунок 3) получим

$$\frac{AB}{AC} = \frac{AB_1}{AC_1} = \frac{AB + \frac{\Delta \tau}{2}}{AC + \Delta U},$$

откуда

$$\Delta \tau = \frac{2 \cdot \Delta U}{\sqrt{3}U_\omega \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{m} + \omega \cdot t\right)}.$$

Таким образом, при изменении напряжения генератора ширина импульса в обмотке возбуждения изменяется прямо пропорционально изменению напряжения.

**Вывод.** Напряжение СГ при импульсном регулировании определяется параметрами его системы возбуждения: коэффициент форсировки влияет на длительность подачи импульса в обмотку возбуждения генератора, а приращение ширины импульса зависит от изменения напряжения генератора. Таким образом, имеется эффективная возможность обеспечить более высокое качество напряжения на выходе СГ по сравнению с традиционными способами регулирования (например, амплитудно-фазовым компаундированием).

**Перспективы дальнейших исследований.** Полученные зависимости могут быть положены в основу работы системы импульсного регулирования напряжения СГ по принципу параметрической стабилизации напряжения.

#### Библиографический список

1. Конопльов К.Г. Про якість електроенергії в корабельній електроенергетиці / К.Г. Конопльов // Морська держава. — 2004. — № 3. — С. 60–63.
2. Алаев В.В. Распределение реактивной мощности в судовой электроэнергетической системе при импульсном регулировании возбуждения синхронных генераторов: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.09.03. — Защ. 24.01.04; Утв. 12.05.04; 12-08/5. — Севастополь, 2004. — 168 с.: ил. — Библиогр.: с. 153–158.
3. Пат. 64442А України, МПК<sup>7</sup>H03L5/00. Спосіб параметричної стабілізації напруги синхронного генератора / О.М. Олейніков, О.М. Шощкий (Україна). — № 2003065055; Заяв. 02.06.2003; Опубл. 16.02.2004, Бюл. № 2.

Поступила в редакцию 20.02.2007 г.