

УДК 621.37К

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕНЕРАТОРНЫХ АГРЕГАТОВ НА ПАРАМЕТРЫ МОДУЛИРОВАННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

БАРЩЕВСКИЙ Евгений Георгиевич

кандидат технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота

им. адмирала С.О. Макарова»

г. Санкт-Петербург, Россия

В статье рассматривается влияние конструктивных особенностей генераторных агрегатов, в частности, несоосности и гибкости валов, производственные и монтажно-производственные допуски в редукторах на низкочастотную модуляцию напряжения генераторных агрегатов. Показана степень влияния несоосности валов на низкочастотную модуляцию и пути минимизации этого влияния. В целом в статье рассматриваются вопросы повышения качества напряжения судовых электроэнергетических систем.

Ключевые слова: амплитудно-частотная модуляция, несоосность валов, низкочастотная модуляция напряжения, редуктор, гибкость валов.

Введение (Introduction). В связи широким использованием на судах средств вычислительной техники, автоматизированных систем управления, развитием силовой полупроводниковой техники, микропроцессорных систем становится особенно актуальной проблема повышения качества электроэнергии. Работа судовых электроэнергетических систем характеризуется большим количеством квазиустановившихся процессов, сопровождающихся искажением формы кривой и модуляцией напряжения. При этом существуют частотная (высокочастотная и низкочастотная) и амплитудная модуляции. Одной из распространенных причин низкочастотных модуляций напряжения является несоосность валов генераторных агрегатов [1; 2]. Большое влияние на модуляции напряжения генераторов оказывают производственные и монтажно-эксплуатационные допуски в редукторах, а также гибкие валы и демпферные устройства агрегатов.

Методы и материалы (Methods and Materials). При несоосности валов генератора и первичного двигателя в процессе работы агрегата при подходе осей к точке перегиба происходит замедление скорости вращения генератора, а после преодоления точки перегиба по-

тенциальная энергия упругой системы переходит в кинетическую и скорость вращения агрегата возрастает. Наличие знакопеременного ускорения за один оборот вала вызывает соответствующее увеличение и уменьшение э. д. с. как по амплитуде, так и по частоте.

При поточной центровке, вызывающей угловое смещение соединенных валов, имеет место не только неравномерная скорость вращения, но и поперечные и продольные смещения ротора генератора. Частота этих перемещений равна частоте перемещения вала:

Параметры амплитудно-частотной модуляции напряжения определяются параметрами излома и смещения сочлененных валов, скоростью вращения, частотой тока генераторов, величиной и характером нагрузки [3]. При этом основной причиной модуляции напряжения является несоосность валов.

При постоянной нагрузке ($Z_{\text{нр}} = \text{const}$) модулирующая частота напряжения по амплитуде и частоте определяется скоростью вращения генератора [4].

Особенно чувствительны к несоосности валов генераторные агрегаты с жесткими и полужесткими муфтами [5; 6]. Поэтому к этим агрегатам должны предъявляться более жесткие требования по допускам на несоос-

ность валов как в период монтажа, так и в период эксплуатации.

Сочленение валов с помощью упругих муфт несколько ослабляют влияние несоосности валов на степень неравномерности вращения, а, следовательно, положительно влияет на параметры эксплуатационно-частотной модуляции напряжения, но полностью не снижает вредное влияние несоосности валов на качество напряжения.

В некоторых случаях соединительные муфты сами могут являться первопричиной неравномерности скорости вращения генераторов.

В настоящее время в литературе нет точных данных о возбуждающих колебание силах, вызванных несоосностью валов. Поэтому не представляется возможным математически точно выразить уравнение движения агрегата с несоосными валами, хотя частота колебательного движения может быть определена достаточно точно (F_f). Сложнее обстоит вопрос с определением амплитуды колебания скорости.

Аналитическое выражение амплитудно-частотно-модулированного напряжения агрегата с несоосными валами аналогично выражению модулированного выражения агрегата с неуравновешенной массой.

У агрегатов с равномерной скоростью вращения первичных двигателей (ТГ, ДГ) несоосность валов может быть обнаружена по характеру изменения огибающей амплитуд напряжения при $\Phi_m = \text{const}$. Для наших агрегатов огибающая амплитуд может служить критерием соосности валов [7].

Для определения степени несоосности валов приводного двигателя и генератора надо определить колебание амплитуды напряжения при независимости возбуждения и по предварительно составленной шкале напряжений оценить качество сборки агрегатов.

Способ позволяет проверить не только качество сборки, но и довести ее до высокой степени точности и тем самым снизить влияние несоосности валов на модуляцию напряжения. Отрицательное влияние несоосности валов на качество напряжения устраняется тщательной центровкой.

Влияние производственных и монтажно-эксплуатационных допусков в редукторах на модуляции напряжения агрегатов. В

комплект генераторных агрегатов могут входить не только муфты, но и редукторы, которые также оказывают влияние на качество напряжения генераторных агрегатов.

Влияние передаточных чисел редукторов на параметры низкочастотной модуляции напряжения рассматривалось ранее. Поэтому рассмотрим только влияние производственных и монтажно-эксплуатационных допусков редукторов на качество напряжения агрегатов.

Редукторы представляют собой сложную колебательную систему [8]. Модуляции напряжения агрегатов с редукторами могут быть обусловлены многими монтажно-производственными допусками элементов редуктора.

Причиной колебаний выходной скорости редуктора могут быть эксцентриситет зубчатых венцов шестерен относительно осей, отклонения в шаге, профиле и размеров зубьев. Произведенные расчеты по выявлению влияния эксцентриситета зубчатых венцов шестерен, изготовленных по второму классу точности показали, что при равномерной скорости вращения выходного вала редуктора неравномерность скорости вращения вала генератора $\delta_r = \frac{1}{80}$, $R_v = \pm 2,5\%$, что недопустимо.

При учете всех неизбежных производственных отклонений в зацеплениях шестерен неравномерность вращения окажется еще большей. Редукторы имеют несколько вращающихся валов с различными скоростями вращения. При неуравновешенных валах, эксцентриситетах и других производственных и монтажных допусках и неточностях в изготовлении выходная скорость агрегата будет представлять сумму гармонических составляющих с различными частотами, амплитудами и фазами. Неточности в изготовлении и сборке редуктора, неуравновешенность валов и т. д. могут явиться возбудителями вынужденных колебаний скорости вращения агрегата.

Влияние гибких валов и демпферных устройств агрегата на модуляции его напряжения. Изменение жесткости пружин демпферных устройств также оказывает влияние на параметры модулированного напряжения. Уменьшение жесткости пружин против расчетной привело к уменьшению моду-

ляций по амплитуде в режиме холостого хода и при малых нагрузках. При увеличении нагрузки пружины демпферного устройства оказываются полностью сжатыми, что приводит к увеличению модуляций напряжения.

Как повышение, так и уменьшение жесткости пружин по сравнению с оптимальной оказывает отрицательное влияние на параметры амплитудно-частотно-модулированного напряжения агрегата.

Замена штатного демпфер устройства на демпферное устройство с фиксированным положением норнчатой шестерни и меньшими жесткостями пружин привела к изменению параметров амплитудно-частотной модуляции напряжения агрегата.

Замена гибкого вала на жесткий также привела к изменению параметров амплитудно-частотной модуляции напряжения.

Ввиду того, что жесткость пружин оказалась недостаточной при нагрузке генератора, наблюдались удары в демпферном устройстве, так как росту амплитуд колебания ско-

рости препятствовали ограничители.

Элементы механической передачи мощности агрегатов оказывают влияние на параметры амплитудно-частотной модуляции напряжения, а в некоторых случаях они сами могут быть возбудителями колебаний скорости вращения агрегата. Экспериментальные исследования подтвердили мнение о том, что весьма сложные или нелинейные колебания хорошо демпфируются только при малой жесткости демпфера. Чрезмерная жесткость ухудшает колебательный процесс.

Выводы (Summary). Для уменьшения влияния неуравновешенных масс, несоосности валов, эллипсности шеек и других производственных и монтажно-производственных допусков целесообразно выбирать первичные двигатели с более высокой скоростью вращения.

Следует также стремиться исключить промежуточные звенья-редукторы. Более предпочтительными с точки зрения качества напряжения являются одновальные агрегаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барцевский Е.Г., Зубарев Ю.Я. Идентификация и оптимизация судовых автоматизированных систем методами планирования эксперимента. Монография. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2012. – 255 с.
2. Сапунов М. Вопросы качества электроэнергии // Новости электротехники. – 2001. – № 4(10). – С.8-10.
3. Карташев И.И., Пономаренко И.С., Ярославский В.Н. Требования к средствам измерения показателей качества электроэнергии // Электричество. – 2000. – № 4. – С.11-18.
4. Жак Куро Современные технологии повышения качества электроэнергии при ее передаче и распределении. Новости электротехники, 2005. – № 1,2.
5. Силовая электроника. – 2008. – № 2.
6. Журнал «Новости электротехники». – URL:<http://www.news.elteh.ru>
7. Журнал «Силовая электроника». – URL:http://www.Power-e.ru/2008_2_136.php.

UDC 621.37K

INFLUENCE OF DESIGN FEATURES OF GENERATOR UNITS ON THE PARAMETERS OF THE MODULATED VOLTAGE OF THE GENERATOR

BARSHCHEVSKY Evgeny Georgievich

PhD in Technical Sciences, Professor

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

St. Petersburg, Russia

The article discusses the influence of design features of generating sets, in particular, misalignment and flexibility of shafts, manufacturing and assembly tolerances in gearboxes on low-frequency voltage modulation of generating sets. The degree of influence of shaft misalignment on low-frequency modulation and ways to minimize this influence are shown. In general, the article deals with the issues of improving the quality of the voltage of ship power systems.

Key words: amplitude-frequency modulation, shaft misalignment, low-frequency voltage modulation, gearbox, shaft flexibility.
