

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С IGB-ТРАНЗИСТОРНЫМ ИНВЕРТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ

Введение. Современнѐе гребные электрические установки (ГЭУ) переменного тока (рис.1) базируются на IGB-транзисторных инверторах, осуществляющих частотное регулирование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (ГЭД) посредством широтно-импульсной модуляции. Формирование синусоидальных кривых входных токов, обеспечивая высокий коэффициент мощности инвертор U.

Анализ предыдущих исследований. В настоящее время ГЭУ переменного тока вступают в более высокую фазу своего развития и совершенствования.

В связи с этим усложняется схема преобразователя - взамен необратимого диодного выпрямителя применяют обратимый IGB-транзисторный инвертор напряжения, что влечѐт за собой дополнительное ужесточение требований электромагнитной совместимости (ЭМС) системы электропривода (СЭП) с питающей сетью.

Обычно IGB-транзисторный инвертор напряжения формирует синусоиду фазных токов асинхронного электродвигателя (ГЭД) посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ) питающего постоянного напряжения U_d . При этом качество электроэнергии, подводимой к двигателю, как правило, не соответствует стандартам.

Требуемое качество электроэнергии должен обеспечить фильтр, ограничивающий прохождение гармоник порядка $\nu \geq M$.

Пренебрегая высшими гармониками $\nu > M$, имеем:

$$K_n = K_v = \frac{U_{\nu}}{U_1}, \quad (1)$$

где K_n – коэффициент ν – той гармонической составляющей кривой переменного напряжения;

U_1 – действующее значение основной гармонической составляющей (первой гармоники) кривой переменного напряжения; U_{ν} – действующее значение ν – той гармонической составляющей кривой переменного напряжения.

Таким образом, чтобы обеспечить требуемое качество напряжения, необходимо выдержать соотношение (1).

Цель работы. Разработка системы гребной электрической установки переменного тока с эффективной электромагнитной совместимостью и требуемым качеством электроэнергии.

Материалы и результаты исследований. Принципиальная схема гребной электрической установки переменного тока представлена на рис. 1. В настоящее время схема такого типа является наиболее совершенной и начинает находить применение на судах. Структура ГЭУ базируется на IGB-транзисторном инверторе. Выходное напряжение формируется путѐм ШИМ питающего напряжения, осуществляемой IGB-транзисторным инвертором по синусоидальному закону.

Гребной электрический двигатель (ГЭД) реализует двигательный и генераторный режимы асинхронной машины. Генераторный режим используют для ускоренного торможения рабочего механизма. Система позволяет реализовать резисторное торможение, рекуперативное и динамическое.

Выходной фильтр Z – призван обеспечивать ЭМС инвертора с сетью и нагрузкой.

Решение проблем сводится к формированию на выходе фильтра Z импульса напряжения, время нарастания

фронта которого t_{vz} в три раза больше времени $t_c = \frac{l}{V_v}$ прохождения волны импульса с фазовой скоростью V_v через кабель длиной l .

Защиту удалѐнного АД от перенапряжений обычно осуществляют установкой дросселей в выходных фазах преобразователя и согласующего фильтра на зажимах АД или при помощи Г-образного фильтра

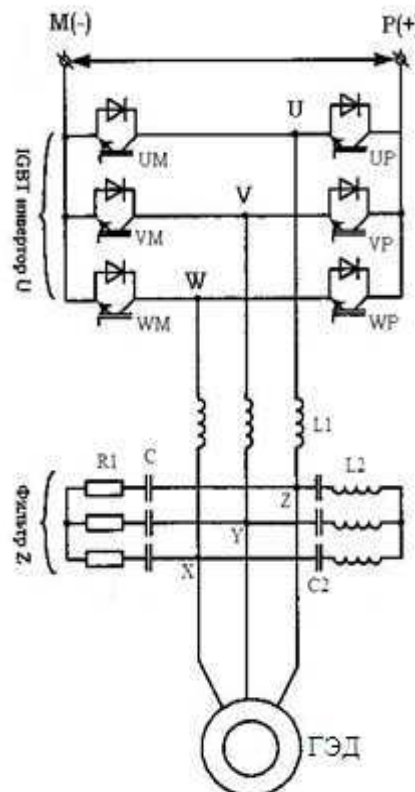


Рис. 1. Принципиальная схема силовой цепи электропривода гребной электрической установки переменного тока

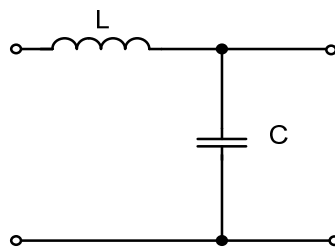


Рис. 2. Упрощённая схема Г-образного фильтра

Исходим из временной характеристики Г-образного фильтра, графически представленной на рис. 3.

$$u_z(t) = U_d \left[1 - \frac{\omega_m}{\omega_R} \cdot \exp(-\delta t) \cdot \sin(\omega_R t - \Psi_R) \right] \quad (2)$$

где $\omega_m = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; $\omega_R = \sqrt{\omega_m^2 - \delta^2}$; $T_R = \frac{2\pi}{\omega_R}$; $\Psi_R = \arctg \frac{\omega_R}{\delta}$; $\delta = \frac{R}{2L}$

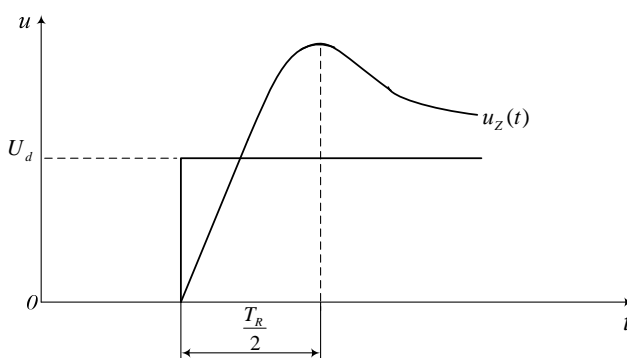


Рис. 3. Временная характеристика Г-образного фильтра при воздействии модулированного импульса U_d

Длительность нарастания импульса на нагрузке

$$\frac{T_R}{2} = \frac{\pi}{\omega_R} \approx \frac{\pi}{\omega_m} = \pi\sqrt{LC} \quad (3)$$

должна быть более допустимого времени, определяемого инвертором $t_v = \frac{l_L}{50} \cdot 10^{-6} [c]$.

Таким образом, величины индуктивности и ёмкости фильтра, ограничивающего скорость нарастания импульса напряжения на нагрузке, определяются из формулы:

$$LC > \left(\frac{t_v}{\pi} \right)^2 = 40 \cdot 10^{-18} \cdot I_L^2 [c^2] \quad (4)$$

Выводы. Сформулированные обобщённые требования к выходному фильтру СЭП гребной электрической установки переменного тока с IGB-транзисторным инвертором с ШИМ напряжения позволяют провести градацию требований ЭМС и качества электроэнергии в системе: ГД – СЭП – АД – питающая сеть.

ЛИТЕРАТУРА

1. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України // Під загальною редакцією А.К. Шидловського. – Київ: Українські енциклопедичні знання.-2005. – 512с.
2. ГОСТ 13109-87. Электроэнергия. Требования к качеству электроэнергии в электрических сетях общего назначения.
3. ГОСТ 30428-97. Совместимость электромагнитная. Радиопомехи промышленные от аппаратуры проводной связи.
4. В.Д. Флора Расчёт Г-образного фильтра на входе импульсного регулятора // Труды МЭИ. -1993. – Вып. 669. – С.104-108.