

УДК 623

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ДВУХКОНТУРНЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ДИЗЕЛЬ – ГЕНЕРАТОРОВ

Атрощенко В.А., Кабанков Ю.А., Степанов В.В.

e-mail: atros.v@yandex.ru

Работа носит научно-практический характер и ориентирована на использование оригинального способа регулирования качества электроэнергии ДЭС автономных дизель-генераторов за счёт применения двухконтурных систем регулирования (СР) по отклонению и по возмущению на базе МСУ – микропроцессорной системы управления. Разработана математическая модель ДЭС, позволяющая рассчитать параметры и на этой основе построить двухконтурные системы регулирования автономных дизель-генераторов с улучшенными качественными характеристиками поставляемой электроэнергии потребителю.

Ключевые слова: двухконтурные системы, регулирование, автономные дизель-генераторы

THE PROBLEM OF CONSTRUCTING TWO-CIRCUIT CONTROL SYSTEMS OF AUTONOMOUS DIESEL GENERATORS

Atroshchenko V.A., Kabankov Y.A., Stepanov V.V.

e-mail: atros.v@yandex.ru

The paper is scientific and practical. It is aimed at using the original method of regulating electric power of diesel power plant (DPP) of autonomous diesel generators at the expense of two-circuit control system (CS) on the deviation and the perturbation based on microprocessor control system (MCS). The mathematical model of DPP was developed, which allows one to calculate and construct two-circuit control systems of autonomous diesel generators with improved qualitative characteristics of electricity supplied to consumers.

Keywords: two-planimetric systems, regulation, independent diesel engines-generators

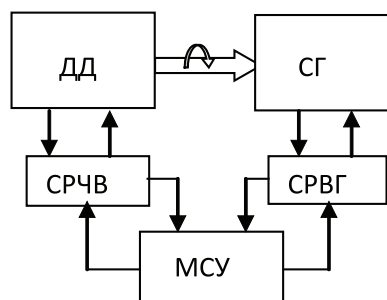
К качеству потребляемой электроэнергии от ДЭС в рамках производственных условий различных предприятий предъявляется всё возрастающие повышенные требования как в статических так и динамических режимах её работы, а также в широком диапазоне изменения нагрузки. Удовлетворить сформулированные таким образом требования по качеству электроэнергии возможно при построении двухконтурной системы регулирования частоты вращения коленчатого вала двигателя и системы возбуждения синхронного генератора ДЭС.

Используемые в настоящее время ДЭС имеют отдельные **системы регулирования частоты вращения коленчатого вала двигателя (СРЧВ)** и системы регулирования возбуждения синхронного генератора (СРВГ) ДЭС, при этом, как правило, данные системы регулирования работают по отклонению.

В отличие от этого на базе современной микропроцессорной вычислительной техники и её применение для целей управления и регулирования **частотой вращения коленчатого вала двигателя (СРЧВ)** и системы регулирования возбуждения синхронного генератора (СРВГ) ДЭС, возникает возможность строить двухконтурные системы регулирования ДЭС структура которых расширяет диапазон регулирования не только по отклонению но и по возмущению.

Основными элементами данной схемы являются (рисунок): дизельный двигатель, СГ – синхронный генератор, СРЧВ и СРВГ –

системы регулирования дизельного двигателя и генератора, МСУ – микропроцессорная система управления.



Структурная схема двухконтурной СР

Двухконтурная система регулирования (СР) предполагает работу в двух режимах: по отклонению и по возмущению. В первом режиме регулирование осуществляется по первому контуру (по отклонению) при изменении частоты вращения вала двигателя и напряжения синхронного генератора в пределах 5–10%. В этом случае регулирование двигателя и генератора осуществляется от СРЧВ и СРВГ отдельно, независимо друг от друга.

При резком изменении нагрузки в широких пределах частота вращения вала двигателя и напряжения синхронного генератора могут значительно выходить за указанные пределы и время восстановления параметров может быть достаточно длительным.

Современное электротехническое и радиотехническое оборудование ответст-

венных электроприёмников предъявляет повышенные требования к качеству электроэнергии, как в статических, так и в динамических режимах работы в широком диапазоне изменения нагрузки. Удовлетворить заданным требованиям по качеству электроэнергии возможно при построении двухконтурной системы регулирования частоты вращения коленчатого вала двигателя и системы возбуждения синхронного генератора ДЭС.

Сложность построения такой системы регулирования состоит в выборе критерия оптимальности, а также информационного параметра и сигнала управления.

Установить эти зависимости можно при рассмотрении уравнений движения вала дизельного двигателя и синхронного генератора в динамических режимах работы.

Математическая модель ДЭС без регуляторов состоит из двух частей: дифференциальных уравнений движения ротора машины и дифференциальных уравнений неустановившихся режимов в замкнутых контурах синхронного генератора.

Угловое ускорение синхронного генератора пропорционально сумме моментов, действующих на роторы двигателя и генератора

$$J \frac{d^2\gamma}{dt^2} = M_{ТЭ} - M, \quad (1)$$

где J – момент инерции роторов двигателя и генератора; γ – угол поворота ротора; M_T – вращающий момент дизельного двигателя; $M_{\text{Э}}$ – тормозной электромагнитный момент генератора.

Момент инерции J изменяется в широком диапазоне в зависимости от типа и мощности ДЭС. Поэтому обычно его за-

$$\frac{\omega \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot T}{\omega_{\text{НОМ}}^2} \cdot \frac{d\omega}{dt} = P_T - P_{\text{Э}} \rightarrow \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot T}{\omega_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{d\omega}{dt} \approx P_T - P_{\text{Э}},$$

где $P_T, P_{\text{Э}}$ – мощности двигателя и генератора; $P \cdot \omega^{-1}$ – момент при угловой скорости ω .

Выражая эту зависимость в относительных единицах при номинальной мощности $P_{\text{НОМ}} = S_{\text{НОМ}}$, допуская, что изменения скорости малы ($\omega = \omega_{\text{НОМ}}$), а так же вводя дополнительную переменную скольжения ротора, обозначенную символом S – относительный прирост скорости ротора (скольжение с обратным знаком):

$$s = \frac{\omega - \omega_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} \approx \frac{1}{\omega_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{d\Theta}{dt}.$$

Получаем нормальный вид уравнения скорости:

$$\frac{d\Theta}{dt} = \omega_{\text{НОМ}} \cdot s;$$

меняют другим параметром: механической постоянной времени T_J либо постоянной инерции H . Механические скорости для удобства расчётов заменяют электрической скоростью Ω . Моменты заменяют мощностями.

Постоянная инерции H равна кинетической энергии ротора, вращающегося с номинальной скоростью $\Omega_{\text{НОМ}}$, делённой на номинальную полную мощность $S_{\text{НОМ}}$ генератора:

$$H = \frac{0,5 \cdot J \cdot \Omega^2}{S_{\text{НОМ}}}, \quad (2)$$

где $\Omega = \frac{d\gamma}{dt}$ – угловая скорость ротора ДЭС.

Для того чтобы математическая модель ДЭС не зависела от номинальных скоростей двигателя и генератора, углы поворота, угловые скорости и моменты агрегатов «приводятся» к скорости ω , равной номинальной электрической скорости:

$$\Omega = \frac{\omega}{p}; \quad \omega = \Omega \cdot p,$$

где p – число пар полюсов; ω – приведенная угловая скорость.

Тогда

$$\gamma = \int_0^t \Omega \cdot dt = \frac{1}{p} \int_0^t \omega \cdot dt = \frac{1}{p} \cdot \Theta \rightarrow \Theta = p\gamma,$$

где γ – приведенный электрический угол поворота.

Уравнение движения ротора (1) примет вид:

$$\frac{S_{\text{НОМ}} \cdot T}{\Omega_{\text{НОМ}}^2} \cdot \frac{d\Omega}{dt} = M_T - M_{\text{Э}}.$$

Откуда

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{T} \cdot (P_{*T} - P_{*\text{Э}}), \quad (3)$$

где $P_{*T} = \frac{P_T}{S_{\text{НОМ}}}$; $P_{*\text{Э}} = \frac{P_{\text{Э}}}{S_{\text{НОМ}}}$ – мощности

двигателя и генератора в относительных единицах; Θ – угол поворота ротора.

Из уравнения (3) следует, что основным регулируемым параметром дизельного двигателя является угол поворота вала, который будет определяться мощностью генератора, которая в свою очередь будет зависеть от напряжения и тока на нагрузке. Основным регулируемым параметром синхронного генератора является его выходное напряжение.

Используя известные уравнения Парка-Горева при дополнительных допущениях о неучёте переходных процессов в демпферных контурах и активного сопротивления статора можно получить уравнение через электрические параметры генератора.

Каждый режим работы дизельного двигателя характеризуется совокупностью многих параметров, отражающих те или иные его свойства. К числу таких параметров можно отнести: N_e – эффективную мощность; M – крутящий момент; ω – угловую скорость коленчатого вала; p_k – давление

$$\delta = \text{sign} \left[f(U, I, f(t), n, M, N, G, g_m, Q, \alpha, T_a, \phi, \eta_v) \right].$$

Нетрудно видеть, что в него входят параметры, которые в наивысшей степени влияют на систему управления.

Таким образом, полученная математическая модель позволяет строить двухконтурные системы регулирования автономных дизель – генераторов с улучшенными качественными показателями электроэнергии в динамических режи-

наддува; g – эффективный удельный расход топлива; T – температуру охлаждающей воды; α – коэффициент избытка воздуха; η_e – эффективный КПД; h – положение рейки топливного насоса (органа управления) и другие, которые также связаны между собой уравнениями, из которых можно установить их влияние на частоту вращения ротора дизельного двигателя.

Критерием оптимальности будет являться минимальное время восстановления параметров ДЭС, закон управления которого в соответствии с принципом максимума Понтрягина будет иметь вид

мах и рассчитывать их необходимые параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернас С., Цёк З. Математические модели электроэнергетических систем // Энергоиздат – 1988. – С. 35–37.
2. Аналого-цифровое моделирование электроэнергетических объектов // Энергия. – 2007. – С. 105–107.
3. Веников В.А., Литкенс И.В. Математические основы теории автоматического управления режимами энергосистем. Монография // Энергия. – 2002. – С. 145–148.