

Негосударственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Международный институт компьютерных технологий»



Кафедра электроэнергетики

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКЕ

INNOVATION TECHNOLOGIES IN POWER AND ELECTROMECHANICS

сборник научно-технических трудов международной
конференции

Воронеж
2013

УДК 620.9

Инновационные технологии в электроэнергетике и электромеханике: сборник научно-технических трудов международной научной конференции / отв. ред. канд. техн. наук, доцент Низовой А. Н. – Воронеж: ПОУ ВПО «Международ. ин-т компьютер. технологий», 2013. – 153 с.

Материалы сборника являются результатами исследований, представленных на международной научной конференции «Инновационные технологии электроэнергетике и электромеханике»

Сборник предназначен для научных работников, инженеров и аспирантов специальностей «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», «Электротехнические комплексы и системы», «Электроэнергетика» «Электромеханика» и ряда родственных.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Д-р техн. наук А. Н. Анненков – проректор МИКТ по научной работе, канд. техн. наук Низовой А. Н. – зав. кафедрой «Электроэнергетика» МИКТ, А. В. Кукушкин – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроэнергетика» МИКТ.

© Коллектив авторов, 2013

© Оформление. Международный институт
компьютерных технологий, 2013

В.Н. Назаров, А.Н. Низовой Прогноз электропотребления Воронежской области	76
А.Н. Низовой, Н.Н. Андросов Исследование бесконтактных двигателей с постоянными магнитами и расщепленными полюсами на роторе	82
А. Н. Низовой, С. Н. Пиляев Оптимизационная модель синхронного редукторного электродвигателя	88
Пиляев С.Н., Гуков П.О., Мохаммед Хайдер О применении программируемых логических контроллеров для автоматизации технологических процессов	97
Ю. В. Писаревский, В. Б. Фурсов, А. Ю. Писаревский Специальные электродвигатели для высокоскоростных бормашин	103
М. С. Попов, В. И. Рышков, Кигамбила Ноелла Источники бесперебойного питания на базе термоэлектрического генератора	106
Г. Ю. Процанов, С.А. Филонов Электропривод на базе униполярного дискового двигателя	111
В. И. Рышков, А. И. Шевченко, А. В. Котенева Современные энергосберегающие источники света	115
Д.В. Семененко, А.Н. Анненков Система управления компенсаторами реактивной мощности подстанции	120
В. Н. Сенцов, А. Н. Анненков Численный расчёт электромагнитных процессов в цилиндрических линейных двигателях с редкоземельными магнитами	124
Н.В. Ситников, Н.И. Королев К оценке пуска асинхронных электроприводов в распределительных сетях	129
А. П. Харченко, Н. А. Шама, Алабдулла Сэмир Моделирование автоматической системы с цифровым модальным регулятором и типовыми нелинейностями	134
В.В. Шевченко, А.Н. Минко Критерий оптимизации массогабаритных параметров конструкций турбогенераторов	138
Д. Ю. Уразов, С.В. Лавров, В.В. Шитов Тепловизионная диагностика энергетического оборудования предприятий	143
Сведения об авторах	150

КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИЙ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

*В.В. Шевченко, Украина
А.Н. Минко, Украина*

Статья посвящена обзору проведенных теоретических исследований в области оптимизации параметров массы и габаритов неактивных частей конструкции турбогенераторов. Приведены результаты экспериментального исследования предложенных моделей и средств оптимизации.

Введение. К числу ограничений, которые необходимо соблюдать при проектировании электрических машин (ЭМ), наряду с максимально допустимыми механическими и электрическими нагрузками, величиной допустимых температур активных элементов конструкций и возможностью осуществления технологических операций, относят массогабаритные параметры, которые характеризуют эффективность геометрии машины, рациональность выбора и использования конструкционных материалов, трудоемкость технологических операций, конкурентоспособность, [1].

Вопрос конкурентоспособности отечественных турбогенераторов (ТГ) может быть решен за счет оптимизации параметров неактивной зоны - элементов конструкции, в функции которых не входит обеспечение электромагнитных характеристик в представлении классической теории ЭМ. К элементам неактивной зоны относится корпус статора, короб газоохладителя, подшипниковый узел, щит, кожух и т.д. Изменение (оптимизация) конструкции при проектировании неактивной части ТГ не влияет на основные технико-экономические показатели: мощность, КПД, напряжение и т.д. Современные подходы, методики, модели оптимизации массы и габаритов неактивной части конструкции ТГ не дают желаемой эффективности оценки показателей и выработки направлений перспективных разработок, [2].

Целью настоящего исследования является оценка разработанных методов и моделей оптимизации массогабаритных параметров неактивных частей ТГ.

Материалы и результаты исследований. Для оценки массогабаритных параметров конструкций крупных ЭМ, например, турбогенераторов (ТГ), предлагается критерий, который оценивает габаритное (объемное) использование конструкции и эффективность использования показателей массы, отнесенные к величине мощности ТГ, [3]. Классическим вариантом анализа удельного использования конструк-

ций ЭМ (на единицу мощности) является определение машинных постоянных Арнольда, Видмара, Рихтера, Штенфера, Роммеля, Петрова и др. Анализ габаритных размеров и показателям массы посвящен ряд работ, в которых рассматриваются вопросы рационального выбора массогабаритных параметров ЭМ общего назначения. Однако они не учитывают специфику производства и особенности проектирования предприятия-изготовителя. Согласно [3], современным критерием оптимальности ТГ можно считать следующее выражение:

$$D_A \approx 2 \cdot \tilde{N}_A^{k_1} \quad (1)$$

где P_A – активная мощность, кВт; C_A – машинная постоянная Арнольда; k_1 – приведенный коэффициент удельной массы, равный отношению массы активной стали к полной мощности ТГ (P_S), кг/кВт.

Результаты оценки эффективности конструкции по предлагаемому критерию оценки оптимальности массогабаритных параметров ТГ с воздушной системой охлаждения представлены в табл. 1. В таблице обозначено D_l – диаметр расточки сердечника статора; l_l – длина сердечника статора, мм; P_A – критерий оптимальности.

Таблица 1. Оценка эффективности предложенного критерия оптимальности массогабаритных параметров

Тип ТГ	Мощность, МВт		D_l , мм	l_l , мм	C_A	$k_{пр}$, кг/кВт	$D_A \approx 2 \cdot \tilde{N}_A^{k_1}$
	P_A	P_S					
ТА-80	80	100,0	1090	3370	12011,7	0,393	80225
ТА-120	120	150,0	1300	3370	11390,6	0,439	120740
ТА-135	135	168,8	1300	3570	10725,8	0,454	135160
ТА-145	145	181,3	1300	4000	11189,0	0,46	145700
ТА-160	160	188,2	1300	3370	90767,0	0,384	160280
ТА-225	225	264,7	1300	4970	95192,0	0,412	225020
ТА-325	325	382,4	1300	6070	80488,2	0,374	323425
ТА-360	360	450,0	1920	6100	149913,6	0,365	359010

Данные со второй и восьмой колонки свидетельствуют о том, что критерий оптимальности подтверждает свою эффективность, а вышеизложенная взаимосвязь с внутренними параметрами имеет небольшую трудоемкость расчетов и доступна для использования. Детальный анализ критерия оптимальности изложен в [4]. При определении критериев оптимизации неактивной зоны ТГ была построена математическая модель воздухоохлаждителя для ТГ с воздушной системой охлаждения, которая позволяет снизить габариты рабочей поверхности теплообменника без потери площади теплообмена:

$$D = \left\{ \begin{aligned} & 0,41 \cdot \left(\frac{V_B \cdot l_T}{v_B} \right)^{0,6} \cdot \left(\frac{V_B}{a_B} \right)^{0,33} \cdot \left(\frac{a_B}{a_T} \right)^{0,25} \cdot \lambda_B \cdot C; \\ & D = 2 \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{n \cdot \pi} \cdot \frac{(a \cdot b) - (1 - k) \cdot (a \cdot b)}{n \cdot \pi}}; \\ & \frac{0,5 \cdot k^{0,75} + k^2}{(k - 1)} = \frac{\left(Z_{ABC} - 0,0134 \cdot \delta \cdot \frac{\rho_B}{2 \cdot (a \cdot b)^2} \right) \cdot (a \cdot b)^2}{0,5 \cdot \rho_B}; \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где D – диаметр трубки охлаждения, с учетом обрешетки, м; V_B – скорость воздуха на входе в охладитель, м/с; l_T – эффективная длина трубки охлаждения, м; v_B – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м²/с; a_B, a_T – коэффициенты температуропроводности воздуха и материала стенки трубки охлаждения соответственно, м²/с; C, k – коэффициенты подобия; ρ_B – плотность газа (воздуха), кг/м³; a, b – ширина и глубина газоохладителя, м; n – количество трубок охлаждения в газоохладителе, шт.; δ – угол поворота канала газа, град; Z_{ABC} – аэродинамическое сопротивление участка A-B-C, кг/м².

Схематическая модель и схема аэродинамического сопротивления, по которым строилась математическая модель теплообменника, представлена на рис. 1 и рис. 2 соответственно, [1]. Для расчетов тепловых и аэродинамических процессов по созданной математической модели была разработана инженерная программа «Fahrenheit», которая позволяет эффективно, быстро и точно рассчитать эксплуатационные характеристики моделируемого теплообменника, [4]. По данным полученных результатов была создана физическая модель оптимизированного воздухоохлаждителя, на которой были проведены испытания для трех возможных режимов эксплуатации.

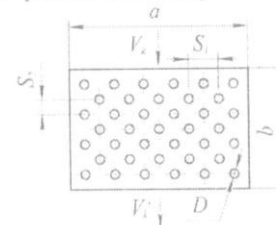


Рис. 1. Схематическая модель теплообменника
 S_1 – расстояние между трубками в ряду, м; S_2 – расстояние между рядами трубок, м

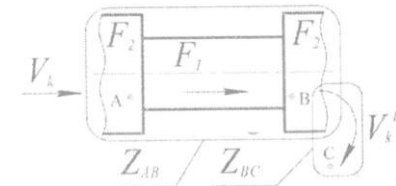


Рис. 2. Схема аэродинамического сопротивления теплообменника
 F_1 – эффективное сечение теплообменника, м²; F_2 – сечение на входе и выходе теплообменника, м²

В первом эксперименте был рассмотрен номинальный режим работы (продолжительный). Целью первого эксперимента является определение функциональных характеристик воздухоохлаждителя: скорость газа на входе/выходе охладителя, скорость воды в трубках охлаждения, температура газа на выходе из охладителя, температура охлаждающей воды и т.д. Все параметры определялись для номинального режима эксплуатации ТГ мощностью 200 МВт.

Во втором эксперименте имитировали аварийный режим работы (кратковременный) ТГ и его целью являлось определение тех же функциональных характеристик, что и в первом эксперименте, но с увеличением тепловой нагрузки на охладитель на 25%, т.е. моделировался аварийный выход из строя одного из четырех воздухоохлаждителей. В эксперименте фиксировались показания датчиков в 3 контрольных точках времени (с шагом в 15 мин.) для различных значений скорости охлаждающей воды. Показания датчиков в этих точках позволили судить о длительности и величине допустимой тепловой перегрузки воздухоохлаждителя.

В третьем эксперименте исследовали неоднородность температурного поля газоохлаждителей, цель - установление степени неоднородности температурного поля рабочей поверхности охладителя. Исследования велись в пространственных координатах, датчики устанавливались со стороны выхода охлаждающего газа. Предложенные методы исследования могут быть использованы для оценки массогабаритных показателей различных конструкций, (рис. 3.).

Выводы

1. Используя предложенный критерий оптимальности, можно проводить анализ массогабаритных параметров, как действующих ТГ, так и проектируемых. При дальнейшей проработке конструкций ТГ можно расширить функциональные возможности предложенного критерия в сторону комплексного анализа параметров конструкций.

2. Предложенная математическая модель теплообменника качественно и количественно отображает зависимость длины, глубины и высоты газоохлаждителя от диаметра трубки охлаждения, установленной в нем, с учетом основных эксплуатационных параметров (коэффициента теплоотдачи, аэродинамического сопротивления и т.д.).

3. Использование программы «Fahrenheit» для осуществления эффективного расчета газоохлаждителей ТГ, производства ГП «Завод «Электрогяжман», позволит снизить габариты, как самого теплообменника, так и содержащего его корпуса, без потери поверхности теплообмена и увеличения аэродинамического сопротивления.

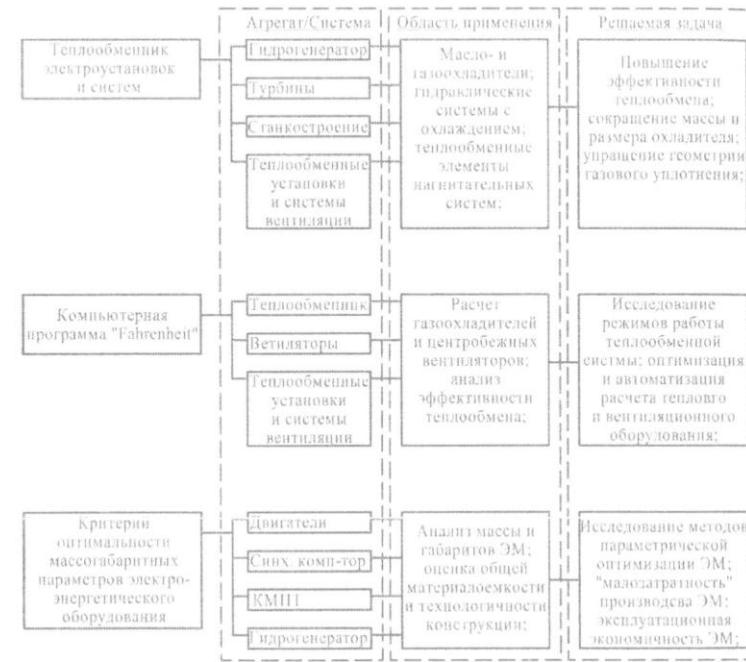


Рис. 3. Оценка массогабаритных показателей различных конструкций

Список литературы

1. Кузьмин В.В., Шевченко В.В., Минко А.Н. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов. – Монограф, 2012. – 246 с, ил.
2. Минко А.Н. Комплексный подход эффективного использования массы и габаритов неактивной части турбогенераторов с воздушной системой охлаждения: // Зб. наук. праць X Міжнародної НТК, м. Кременчук 28-29 березня 2012 р. /Кременчук, КрНУ, – 2012. – 424 с.
3. Минко А.Н. Современный критерий оптимальности массогабаритных параметров крупных электрических машин (турбогенераторов) // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. –2011.–№10.– С. 25-35.
4. Кузьмин В.В., Шевченко В.В., Минко А.Н. Об оптимальном использовании материалов и снижении массогабаритных показателей торцевой зоны неактивных частей турбогенераторов // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – № 6. – С. 106-112.

Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков, Украина