

3. Васильев И. Умные сети – умная энергетика [Электронный ресурс] // Российская газета. 2010. 22 июня. URL: www.rg.ru/2010/06/22/electro.html.

УДК 621.313

В.В. Шевченко, канд. техн. наук, доц.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (Украина)

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ И ТЕОРИЯ ДЛИННЫХ ВОЛН КОНДРАТЬЕВА

Рассмотрены перспективы исследований в области оценки развития турбогенераторостроения с полной воздушной системой охлаждения и оценка безопасности их эксплуатации.

Ключевые слова: турбогенераторы, система охлаждения, теория длинных волн.

Развитие современного электромашиностроения, в частности крупного турбогенераторостроения, возможно в разных направлениях: можно продолжать вести работы по повышению мощности в единичном исполнении, совершенствовать турбогенераторы (ТГ) в диапазоне достигнутых мощностей (200–300 МВт), искать новые типы конструкций, например, продолжать вести работы по созданию асинхронизированных турбогенераторов... Очевидно, что следует вести работы во всех направлениях, но экономическое состояние страны не дает такой возможности: необходимо установить очередность выполнения исследований, не исключая ни одного направления.

Техническое развитие во многом определяет экономическая конъюнктура (сложившаяся обстановка, ситуация в какой-то сфере общественной жизни в условиях современной технико-экономической системы), которая предполагает учет конкретных условий развития процесса производства, а также требует вести

учет ситуации, которая сложилась на рынках на данной фазе производственного периода, цикла.

Можно выделить три основные группы определяющих факторов экономической конъюнктуры:

- 1) постоянно действующие циклические факторы;
- 2) постоянно действующие факторы нециклического свойства (научно-технический прогресс, демографические факторы, оценка распределения и потребления природных ресурсов);
- 3) случайные и временно действующие факторы (стихийные бедствия, войны, аварии).

По оценкам многих авторов [1], эти циклы имеют длительность 45–60 лет и называются «длинные волны в развитии». Длительность определяют разные факторы: уровни добычи и оценка запасов полезных ископаемых, политические аспекты, демографические изменения, даже сезонные влияния на деловую активность правительств. Это влияет на формирование экономической системы и рыночной конъюнктуры. Экономика – основной фактор динамики развития любого технического направления, поэтому указанную цикличность можно наложить и на этапы развития науки и техники. Теоретические концепции длинных волн важны тем, что они дают необходимую основу для оценки состояния экономики и прогнозирования ее будущего состояния.

Теорию длинных волн в технике и экономике начали анализировать экономисты еще в середине XIX в. В 1847 г. английский ученый Х. Кларк отметил, что между двумя мировыми «экономическими катастрофами» 1793 и 1847 гг. прошло 54 года, и предположил, что такой интервал не случаен и должны существовать какие-то «физические» причины этого явления. Далее английский ученый В. Джевонс заметил повторяющиеся длительные периоды роста и падения в формировании цен и технического прогресса [2].

Вопросами цикличности развития общества, техники, экономики занимались ученые разных стран, но в настоящее время в мировой науке эти понятия связывают с именем известного советского экономиста Н.Д. Кондратьева. Теория циклического эволюционного движения развития общества получила название «длинные волны Кондратьева» или «большие циклы конъюнктуры Кондратьева». В своих работах Кондратьев основывался на эмпирическом анализе

большого числа технико-экономических показателей различных стран за довольно длительный промежуток времени (100–150 лет): он рассматривал индексы цен, государственные долговые бумаги, номинальную заработную плату, показатели торговых оборотов, данные о добыче угля и золота, производстве стали, свинца, чугуна, уровня развития техники и технологий. Методика исследований Н.Д. Кондратьева не лишена недостатков и подвергалась критике со стороны его оппонентов, но все замечания касались только оценки длительности циклов, а не собственно их существования.

В своих работах в исследуемом цикле Кондратьев выделял следующие закономерности: две относятся к фазам подъема, одна – к стадии спада и еще одна закономерность проявляется на каждой из фаз цикла. В начале фазы подъема происходит глубокое изменение всех аспектов развития жизни технически развитого общества. Этим изменениям предшествуют значительные научно-технические изобретения и нововведения. Технический прогресс вызывается запросами производства, созданием условий, при которых применение новаций становится возможным и необходимым.

Учитывая состояние электрооборудования ТЭС (практически полный износ), которые во многом продолжают оставаться определяющими генерирующими системами электроэнергии для страны [3], в настоящее время обновление турбогенераторов мощностью 200–300 МВт, вероятно, является первоочередной задачей. Однако такое обновление следует вести с учетом современных тенденций в создании новых машин: использование новых типов изоляции, новых систем охлаждения и технологий изготовления. В настоящее время в мировой практике наблюдается устойчивая тенденция замены теплоносителя в ТГ указанных мощностей – отказ от водородного охлаждения и переход к воздушному. Этапы производства ТГ с воздушным охлаждением на мировом рынке следующие:

Год начала изготовления	1999	2007	1998	1999	2008	2009	2014
Мощность ТГ, МВт	63	90	110	160	250	350	500 (проект)

Учитывая вышеизложенное, вопросы технических изменений в теории турбогенераторостроения можно анализировать с учетом теории «длинных волн». В частности, исследование вопросов изменения системы охлаждения ТГ следует вести согласно периоду

цикличности. В этом случае возврат к воздушному охлаждению ТГ мощностью 100–300 МВт в настоящее время предопределен 50–60-летним циклом: в 1946 г. на заводе «Электросила» (г. Ленинград) был выпущен первый ТГ мощностью 100 МВт с водородным охлаждением. В 1946–1948 гг. там же были изготовлены и введены в эксплуатацию турбогенераторы новой серии ТВ с полным водородным охлаждением мощностью 25–100 МВт.

Возврат к воздушному охлаждению в ТГ большей мощностью, чем в исторически первых появившихся машинах, во многом определяется требованиями энергетики и новыми техническими возможностями. Применение воздушного охлаждения возможно при использовании современных технических решений: схемы вентиляции с более интенсивной циркуляцией воздуха и непосредственным охлаждением обмоток, применение в конструкции электротехнических сталей с малыми удельными потерями и высокой нагреводостойкостью изоляции.

В отечественных турбогенераторах серии ТФ с форсированным воздушным охлаждением ротора используют замкнутую схему охлаждения с вертикально расположенными воздухоохладителями, под их наружной обшивкой располагают перепускные трубы [4]. Шихтованный сердечник статора жестко закреплен на ребрах корпуса статора, с торцов сердечника статора устанавливают медные экраны для снижения влияния потоков рассеяния. В пазах ротора выполняют подпазовые каналы, через которые охлаждающий воздух попадает в радиальные каналы обмотки ротора. Ротор снабжают демпферной системой: под бандажными кольцами установлены короткозамыкающие кольца, входящие в пазы ротора. Для предотвращения проникновения в корпус внешней пыли предусматривают поддув воздуха в полость генератора для создания небольшого избыточного давления. Корпус генератора имеет с внутренней стороны шумоизолирующее покрытие. Применяемая на всех ТГ с воздушным охлаждением замкнутая схема вентиляции вместе с системой наддува воздуха и одновременной конденсацией излишней влаги обеспечивает высокую чистоту и низкую влажность воздуха внутри генератора, исключает проникновение пыли и грязи из машинного зала электростанции.

Продолжением серии ТФ являются турбогенераторы серии ТЗФ производства ГПЗ «Электротяжмаш», в которых используется трехконтурная система воздушного охлаждения [4, 5] и предусмотрены отдельные потоки воздуха, охлаждающего статор и ротор. Принятая конструкция позволяет снизить взаимное тепловое влияние этих потоков [1].

Охлаждающий воздух в ТГ циркулирует по вытяжной схеме за счет действия двух центробежных вентиляторов, установленных на валу ротора, и охлаждается в охладителях, которые установлены на боковых стенках воздуходелительных кожухов. Потери, выделяющиеся в пазовой части обмотки и в активной стали статора, отводятся холодным воздухом, поступающим из охладителей в U-образные каналы (рис.) [1, 4].

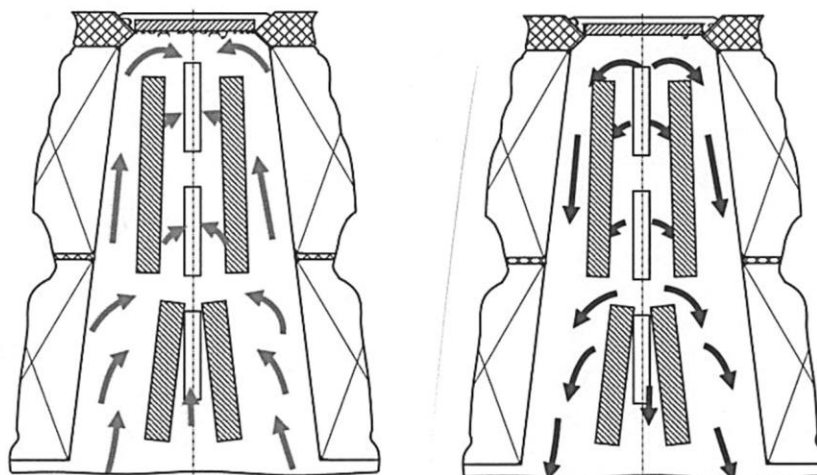


Рис. Направление воздушных потоков в зубцовой зоне ТГ в U-образных каналах

Выходя из этих каналов, воздух омывает нажимную плиту и лобовые части. Холодный воздух из охладителей поступает также в радиальные каналы торцевой зоны. Теплообмен поверхности активных частей и элементов конструкции ТГ с охлаждающей средой наиболее точно определяется экспериментально с применением теории подобия.

Более точным способом расчета теплообмена поверхности активных частей и элементов конструкции машины с охлаждающей средой является метод температурного поля, при котором решается

дифференциальное уравнение теплопроводности при граничных условиях I–III рода. Решение задачи возможно только с применением численных методов, например, метода конечных разностей.

Выводы

1. Использование в настоящее время воздушного охлаждения ТГ является вторым этапом и достаточно точно укладывается в цикличность, определяемую теорией длинных волн Н.Д. Кондратьева. Можно считать, что это решение является исторически и технически логичным и ожидаемым.

2. Перспективные исследования в области оценки развития турбогенераторостроения с полной воздушной системой охлаждения и оценка безопасности их эксплуатации позволяют сделать вывод, что со временем они заменят ТГ с водородной и водяной системами охлаждения мощностью 300–500 МВт и более.

3. Основным преимуществом использования ТГ с воздушным охлаждением является упрощение их конструкции и сопутствующих систем (исключение элементов водородной системы, упрощение системы маслообеспечения, уплотнения вала) и, что наиболее важно, исключение из рабочей зоны (машинного зала станции) взрывоопасного компонента – водорода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко В.В., Минко А.Н. Развитие систем охлаждения и оптимизации конструкций турбогенераторов: монография. Харьков: Изд-во Иванченко И.С., 2013. 242 с.

2. Кондратьев Н.Д., Яковец Ю.В., Абалкин Л.И. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: избр. тр. М.: Экономика, 2002. 767 с.

3. Шевченко В.В. Системный подход к развитию энергетики Украины // Вестн. Кременчуг. национального ун-та им. Михаила Остроградского. 2012. №3/(74). С. 28–32.

4. Шевченко В.В., Кошевой О.П. Конструктивные особенности турбогенераторов с воздушным охлаждением // Вестн. Национального техн. ун-та «ХПИ». 2013. №65. С. 99–106.