

АЛГОРИТМЫ И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ³

Усачева Ирина Витальевна

кандидат эк. наук, доцент

Волгоградский Государственный Университет

г. Волгоград

Ромасевич Егор Павлович

аспирант, инженер

Волгоградский Государственный Университет

г. Волгоград

ALGORITHMS AND METHODS FOR CALCULATING THE OPERATIONAL TRANSIENT MODES OF THE COMPLEX CONFIGURATION POWER SUPPLY SYSTEM OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Usacheva Irina

Candidate of Science, assistant professor

of Volgograd State University, Volgograd

Romasevich Egor

Candidate of Science, assistant professor

of Volgograd State University, Volgograd

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.61.310

АННОТАЦИЯ

В данной работе приводится обзор алгоритмов и методик расчёта эксплуатационных переходных режимов систем электроснабжения. Переходный режим является следствием наличия на предприятии потребителей с резкопеременной нагрузкой, а также использования генерирующих объектов малой энергетики. На сегодняшний день крупные промышленные предприятия вводят в эксплуатацию или уже используют собственные объекты генерации, работающие на базе возобновляемых источников энергии. В связи с чем, возникает необходимость расчёта этого вида режима работы в ходе проектирования и эксплуатации энергосистемы промышленного предприятия.

ABSTRACT

This paper provides an overview of algorithms and methods for calculating the operational transients of power supply systems. The transient regime is a consequence of the presence at the enterprise of consumers with a sharply variable load, as well as the use of generating facilities of small power generation. Today, large industrial enterprises are commissioning or already using their own generation facilities operating on the basis of renewable energy sources. In this connection, it becomes necessary to calculate this type of operation mode during the design and operation of the power system of an industrial enterprise.

Ключевые слова: переходный режим, распределённая генерация, система электроснабжения, возобновляемые источники энергии, промышленные предприятия

Keywords: transient, distributed generation, power supply system, renewable energy sources, industrial plants

Актуальным в настоящее время решением является применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), как одного из вариантов, в качестве альтернативы традиционным источникам. Тем не менее, объём современного потребления энергии, в частности промышленных предприятий сложной конфигурации, не позволяет отказаться от ресурсов существующих поставщиков и полностью перейти на энергию, вырабатываемую ВИЭ.

Таким образом, встаёт вопрос о совместной работе источников энергии разного вида в одной системе электроснабжения промышленного предприятия (СЭПП). Для внедрения указанных выше источников энергии в работу сетей необходимо иметь возможность прогнозировать переходные режимы систем энергоснабжения. Переходный режим – процесс перехода системы из

одного состояния в другое, который характеризуется изменением параметров во времени [1]. В свою очередь, переходные режимы можно разделить на аварийные и эксплуатационные. Первые возникают при резких изменениях режима, таких как изменения схемы соединений или короткое замыкание. Вторые появляются из-за изменений нагрузки и реакции на это устройств системы [1].

За последние полтора десятилетия научным сообществом был проведён значительный пласт исследовательских работ в области изучения влияния переходных режимов СЭПП. В частности, рассматривались надёжность работы собственных источников электроэнергии при параллельной и раздельной работах с энергосистемой [2]. Также были исследованы вопросы перехода на

³ Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ (проект № МК-1362.2020.9)

автономный от энергосистемы режим работы СЭПП [4]. Для анализа установившихся и переходных эксплуатационных режимов и расчёта параметров этих режимов в условиях как параллельной, так и раздельной работы с энергосистемой, было разработано специализированное программное обеспечение [4]. Исследовались эксплуатационные переходные режимы в сложнзамкнутых СЭПП, имеющих собственные источники энергии, при воздействии резких изменений напряжения сети [5]. Проводилось совершенствование методологии и методов расчёта переходных режимов в изолированных системах электроснабжения, в том числе с использованием ВИЭ в этих системах [6].

По целому ряду причин, как экономического, так и технического характера, промышленные предприятия внедряют в свои системы электроснабжения объекты малой энергетики. Тем самым усложняется конфигурация СЭПП, а параллельная работа такой системы сопровождается эксплуатационными переходными режимами [7]. При раздельной работе СЭПП и питающей энергосистемы в режиме первой происходят существенные изменения напряжения из-за небаланса реактивной мощности, также изменяется частота [2].

Для расчётов эксплуатационных и аварийных переходных режимов было разработано множество методик и алгоритмов, учитывающих различные варианты схем и условий сети. Далее представлены лишь некоторые из них.

Методика управления эксплуатационными переходными режимами (ЭПР) СЭПП сложнзамкнутой конфигурации при наличии объектов малой энергетики и резкопеременной нагрузки, предложенная Тарасовым В.М., учитывает вид резкопеременной нагрузки электроприёмника и тип источника питания [7]. Алгоритм методики представлен на рисунке 1.

В данной методике учитывается работа электроприёмников с резкопеременной нагрузкой. Методика позволяет проводить анализ режимов сложнзамкнутой СЭПП в условиях наличия собственных разнородных источников электроэнергии и работы, как параллельной, так и раздельной [7].

Методика, предложенная Булановой О.В., определяет изменение напряжения и частоты с учётом действия автоматических регуляторов генераторов и регулирующего эффекта нагрузки. С помощью данной методики возможно осуществлять оценку переходных режимов, которые возникающих во время незначительных изменений параметров режима или конфигурации сети [1]. Блок-схема расчёта показана на рисунке 2.

Алгоритм расчёта переходных процессов разрабатывался для систем типа «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока», и позволяет исследовать устойчивость генераторов при различных режимах работы, а также оценивать качество напряжения в СЭПП [6]. Алгоритм изображён на рисунке 3.

В рамках исследования изолированных систем электроснабжения на базе солнечных станций и ветроэнергетических установок Суслымов К.В. поднимаются вопросы о распределении покрытия нагрузки между ВИЭ и традиционными источниками энергии, а также о использовании в системе накопителей энергии для компенсации нестационарности генерируемой ВИЭ мощности. Основными проблемами качества электроэнергии в данной работе называются гармонические составляющие токов и напряжений, а также отклонения частоты и напряжений от допустимых значений, что сопутствует переходным режимам [6].

Для решения задачи мониторинга уровней гармонических составляющих и снижения их уровня предлагается подход, при котором изменяется один из параметров, а затем происходит наблюдение за реакцией системы. Получаемая на выходе функция рассматривается как отношение мощности основной гармоники к мощности гармоник высших порядков [6].

Отклонения уровней напряжения и частоты описываются как характерные проблемы систем электроснабжения, в которых присутствуют генерирующие установки на базе ВИЭ. В частности, рассматривается нестационарная выдача мощности ветроэнергетических установок и возможность гашения колебаний с помощью системы управления поворотом лопастей ветротурбины. В ходе работы производились расчёты переходных характеристик при изменении скорости ветра и углов поворота лопастей. Система была представлена в виде математической модели динамической нелинейной системы типа «вход-выход».

С помощью данной модели автор [6] выполняет вычислительный эксперимент, состоящий из двух этапов. На первом этапе определяются переходные характеристики динамической системы путём построения интегральных моделей. Вторым этапом осуществляется нахождение управляющего воздействия, которое должно поддерживать выходной сигнал. Благодаря указанному исследованию была разработана система управления для обеспечения требуемых показателей качества энергии в системах электроснабжения с генераторами на базе ВИЭ [6].

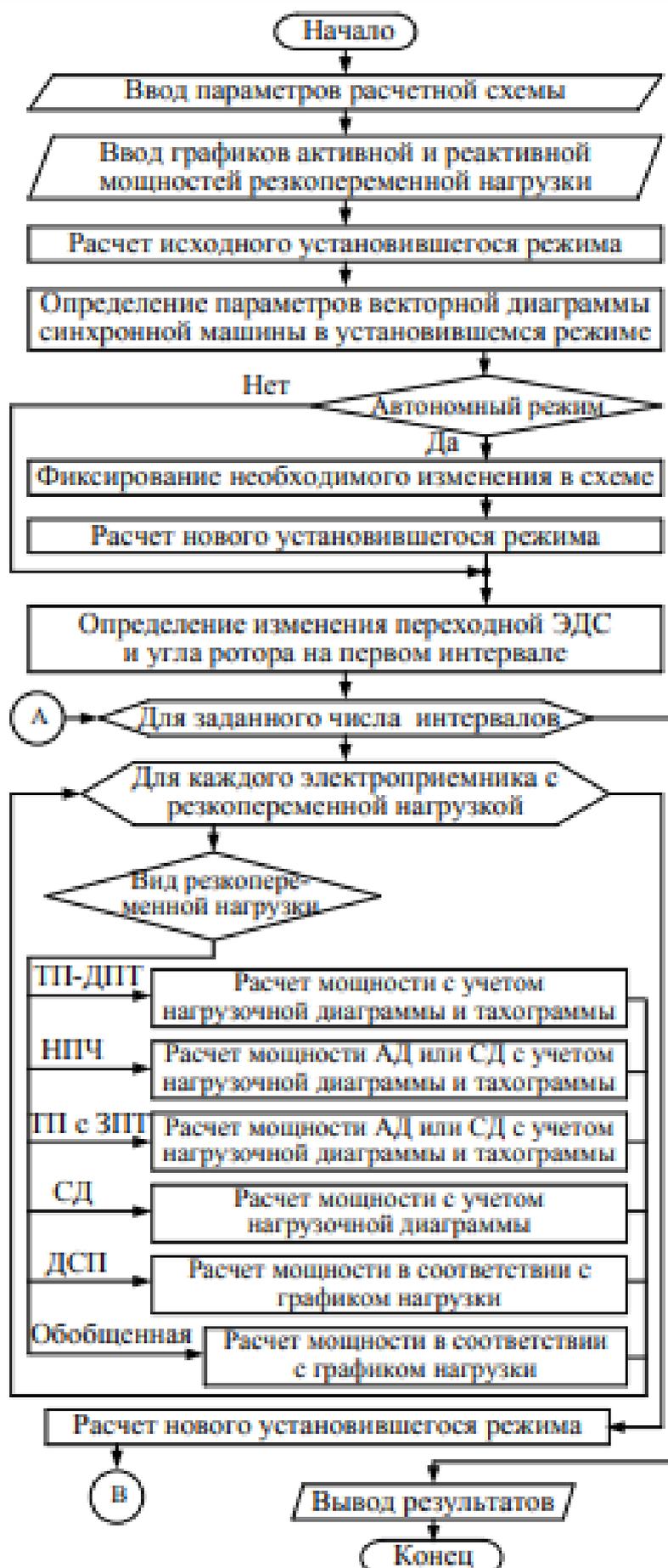


Рис.1. Методика расчёта эксплуатационного переходного режима СЭПП. Источник [7]



Рис.2. Методика расчёта переходного режима
Источник [1]

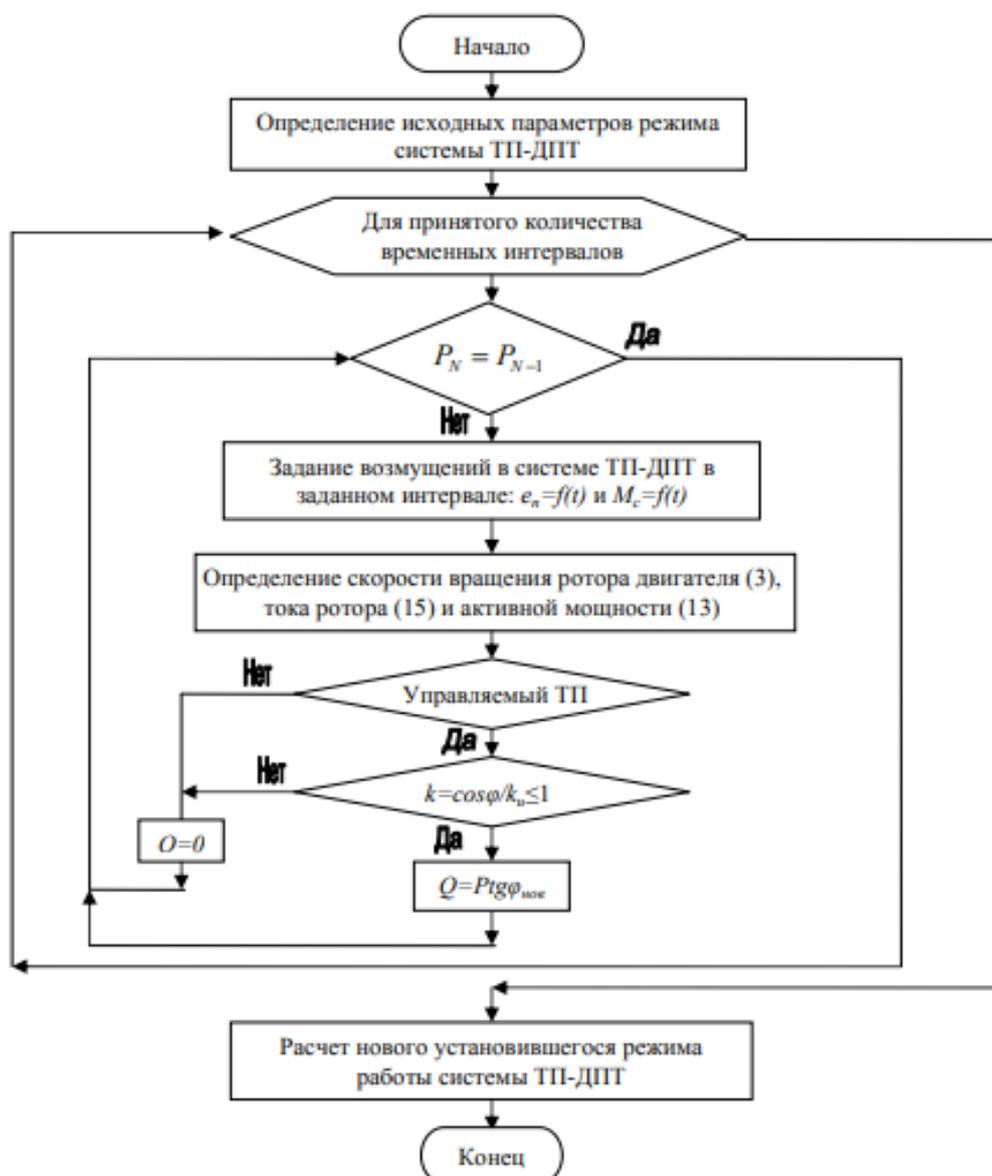


Рис.3. Алгоритм расчёта переходных процессов в системе ТП-ДПТ
Источник [6]

Отклонения уровней напряжения и частоты описываются как характерные проблемы систем электроснабжения, в которых присутствуют генерирующие установки на базе ВИЭ. В области изучения эксплуатационных переходных режимов за последнее время был проделан большой объём исследований и научных работ. Изучение переходных режимов безусловно важно для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения, так как данный вид режимов характеризуется изменением параметров во времени. Научным сообществом было предложено множество методик и алгоритмов для расчётов переходных режимов СЭПП, как аварийных, так и эксплуатационных для систем с различными источниками генерации, в том числе и на основе ВИЭ. Генерация энергии с использованием ВИЭ носит переменчивый характер. Накопление производимой энергии решает эту проблему лишь отчасти, и в системах электроснабжения будут возникать эксплуатационные переходные режимы.

Очевидно, что необходимо осуществлять расчёты этого вида режима работы в ходе проектирования и эксплуатации системы. Несмотря на то, что большинство предложенных в ходе исследований методик и алгоритмов для расчёта переходных режимов предусматривают использование традиционных источников энергии, можно предположить, что данные научные решения применимы непосредственно или путём незначительной трансформации и для случаев с генераторами на основе возобновляемых источников энергии.

Список использованной литературы:

1. Буланова О. В. Управление режимами промышленных электростанций при выходе на раздельную работу: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03. – Магнитогорск, 2007. – 20 с.
2. Газизова О. В., Малафеев А. В., Тарасов В. М., Извольский М. А. Исследование эффективности работы делительной автоматики в

системе электроснабжения промышленного предприятия черной металлургии // *Промышленная Энергетика*. – 2012. – №10. – С. 12-17.

3. Хрусталева Б.М., Романюк В.Н., Ковалев Я.Н., Коломыцкая Н.А. К вопросу обеспечения графиков электрической нагрузки энергосистемы с привлечением потенциала энерготехнологических источников промышленных предприятий // *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. 2010. № 1. С. 42-55.

4. Малафеев А. В., Буланова О. В., Ротанова Ю. Н. Исследование динамической устойчивости систем электроснабжения промышленных предприятий с собственными электростанциями при отделении от энергосистемы в результате короткого замыкания // *Вестник ЮУрГУ*. – 2008. – №17. – С. 72-74.

5. Сулов К. В. Модели и методы комплексного обоснования развития

изолированных систем электроснабжения: дис. ... д-р. тех. наук: 05.14.02. – Иркутск, 2018. – 295 с.

6. Тарасов В. М. Повышение эффективности управления эксплуатационными режимами систем электроснабжения промышленных предприятий с резкопеременной нагрузкой: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03. – Челябинск, 2012. – 20 с.

7. Тарасов, В. М. Исследование переходных процессов системы электроснабжения предприятия с двигателями постоянного тока, питающимися от тиристорных преобразователей / В. М. Тарасов, А. А. Волков // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. – URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section01.html>, свободный. (дата обращения 29.08.2020)

УДК 687

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Турок Татьяна Викторовна

магистр

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань*

Сутугина Виктория Сергеевна

магистр

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань*

Ханнанова-Фахрутдинова Лилия Рафаиловна

кандидат пед.наук, доцент

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань*

Фатхуллина Лейсан Раисовна

кандидат пед.наук, доцент

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань*

IMPROVING THE PROCESSES OF DESIGNING TEXTILE PRODUCTS WITH THE HELP OF COMPUTER TECHNOLOGIES

Turok Tatiana Viktorovna

master

*Kazan National Research Technological University,
Kazan*

Sutugina Victoria Sergeevna

master

*Kazan National Research Technological University,
Kazan*

Hannanova-Fakhrutdinova Lilia Rafailevna

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Kazan National Research Technological University,
Kazan*

Fatkhullina Leysan Raisovna

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Kazan National Research Technological University,
Kazan*

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.61.309