

Рис. 5. Работа регулятора на чистый меандр.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 54073-2010 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества. Введ. 03.11.2010. □Москва: Стандартиформ;2011. □ 35 с.
2. Гарганеев А.Г. Системы электроснабжения самолета с полностью электрифицированным оборудованием / А.Г. Гарганеев, С. А. Харитонов // Доклады Томского университета систем управления и радиоэлектроники. № 2(20), 2009 г.

Научный руководитель: А.Г. Гарганеев, д.т.н, профессор, зав. каф.ЭКМ ЭНИН ТПУ.

### **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ РАБОТЫ В ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

А.М. Соболев  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭКМ, группа 5АМ6Н

На газоперекачивающих промыслах используются нерегулируемые электродвигатели с постоянной частотой вращения, которые не исключают вредных динамических воздействий на оборудование в процессе работы и в переходных режимах, что приводит к необходимости частой замены наиболее нагруженных узлов и выходу оборудования из строя.

Многokратные ударные нагрузки приводят к выходу из строя дорогостоящего технологического оборудования и к значительным затратам на его ремонт. Кроме того, прямой пуск высоковольтного электродвигателя большой

единичной мощности, сопровождаемый протеканием пусковых токов, сравнимых по величине с токами металлического короткого замыкания, приводит к глубоким посадкам напряжения питающей сети при каждой операции пуска, что отрицательно сказывается на устойчивости работы других потребителей. Большие пусковые токи, потребляемые электродвигателями в момент их пуска, и связанные с этим глубокие просадки напряжения, делают невозможным пуск в работу таких двигателей в случае их электроснабжения от газотурбинных, дизельных или иных электростанций ограниченной мощности.

Применение регулируемого электропривода в газодобывающей промышленности обеспечивает:

- требуемые скоростные характеристики привода буровых лебедок во всех четырех квадрантах механической характеристики;
- автоматическую синхронизацию и оптимизацию режимов последовательно работающих компрессорных станций на магистральном газопроводе;
- увеличение за счёт этого пропускной способности магистральных газопроводов;
- экономию до 30-40% электроэнергии, потребляемой насосными агрегатами;
- частотный пуск и останов высоковольтных двигателей без больших бросков пусковых токов;
- регулирование частоты вращения от 0,1 до 120 Гц в замкнутом и разомкнутом контуре;
- снижение аварийности оборудования и уменьшение затрат на ремонт и обслуживание, а также сокращение аварийных простоев производства;
- пуск двигателей из горячего состояния, позволяющий исключить простой агрегатов при ожидании естественного охлаждения;
- «самоподхват» при пуске электродвигателя в режиме свободного выбега;
- полную защиту двигателя от сверхтоков и нештатных режимов эксплуатации;
- значительное снижение ремонтных и эксплуатационных затрат при поддержании прежней производительности машин и механизмов;
- создание замкнутых систем асинхронного электропривода с возможностью точного поддержания заданных технологических параметров.

Преобразователь частоты высокого напряжения с воздушным охлаждением *Sinamics GM-150 6SL3810-2LN41-1AA0* (далее – ПЧ) производства фирмы *Siemens* предназначен для питания и управления электродвигателем и вместе с последним образует электропривод ЭГПА. ПЧ построен на базе мощных высокоэффективных полупроводниковых ключей IGBT, обеспечивающих высокий КПД преобразования энергии и компактность преобразователя. Основная функция ПЧ – регулирование скорости вращения асинхронного двигателя (далее АД), осуществляемая путем регулирования частоты напряжения, питающего АД.

Одной из основных проблем при эксплуатации ПЧ является просадка напряжения питающей сети. Решить эту проблему удастся работой ПЧ в режиме «Кинетическая поддержка».

Режим работы ПЧ «Кинетическая поддержка»

Кинетическая буферизация (кинетическая поддержка) – защитная функция, позволяющая сохранить в работе ПЧ при резком изменении напряжения питающей сети (просадки напряжения).

Одно из условий работы ПЧ состоит в поддержании выпрямленного напряжения в звене постоянного тока (ЗПТ) в диапазоне 4135÷5673 кВ.

При просадке напряжения питающей сети до 25% от номинального напряжения снижается и напряжение в звене постоянного тока. Если напряжение в звене постоянного тока снизится меньше, чем пороговое значение 4135 кВ, произойдет автоматическое отключение ПЧ.

Это связано с тем, что при восстановлении напряжения питающей сети произойдет резкий заряд конденсаторов. Это приведет к броску тока и напряжения в звене постоянного тока, что может вызвать выход из строя как диодов выпрямителя, так и конденсаторов.

На рисунке 1 представлен алгоритм срабатывания защитной функции ПЧ «Кинетическая буферизация».

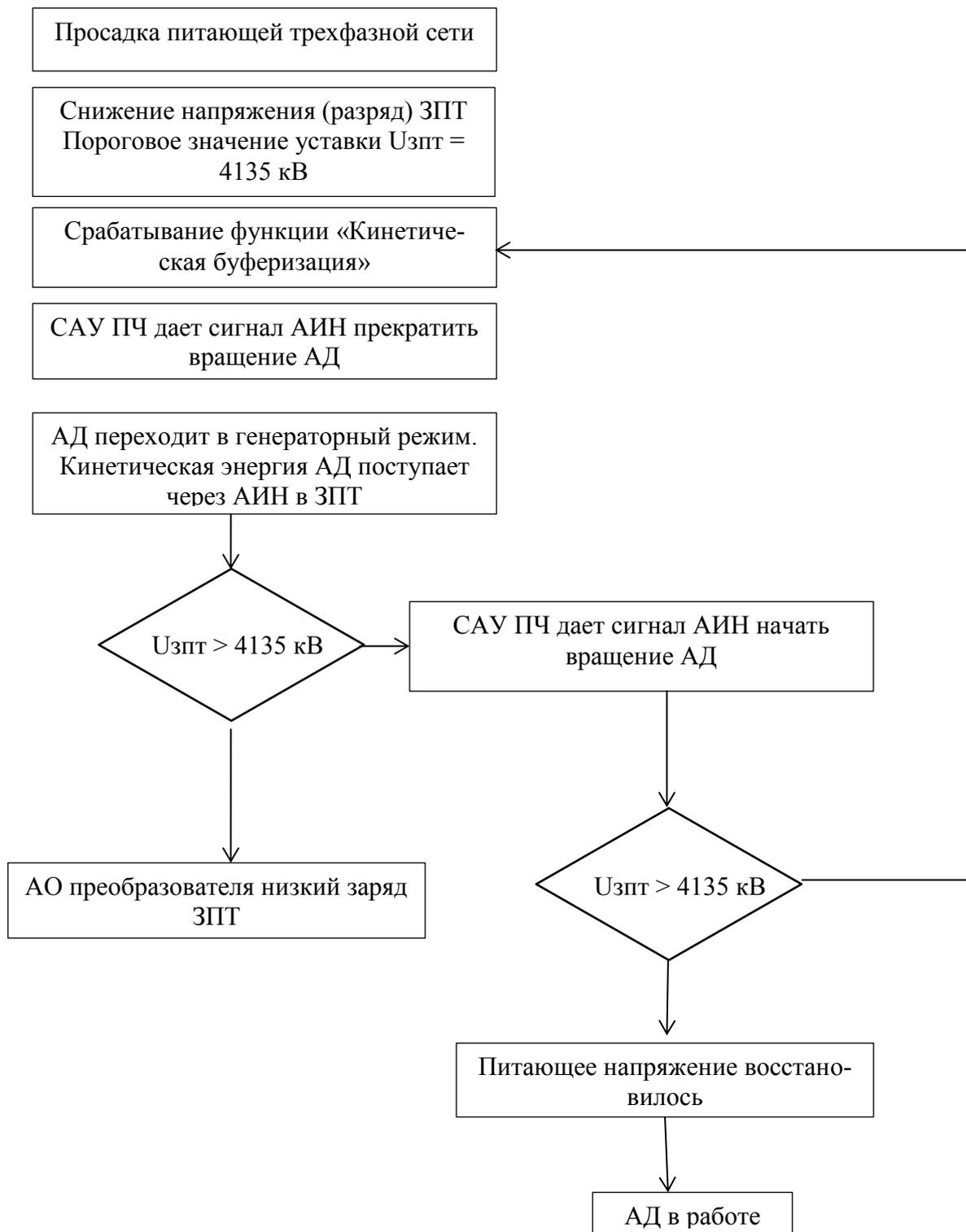


Рис.1. Алгоритм срабатывания защитной функции ПЧ «Кинетическая буферизация»

Далее представлен пример перехода ПЧ в режим «Кинетическая буферизация».

Просадка питающего напряжения на 14% длительностью 0,65 сек.

Начальная скорость АД = 7500 об/мин.

Потребляемая мощность = 3,9 МВт.

Напряжение ЗПТ = 4498 кВ.

Защитная уставка ПЧ на срабатывание кинетической буферизации  $U_{dc\_min} = 4135$  кВ.

### Осциллограммы ЗРУ-10кВ.

На рисунке 2 изображен график зависимости напряжения от времени на стороне ЗРУ-10кВ длительностью 650 мсек.

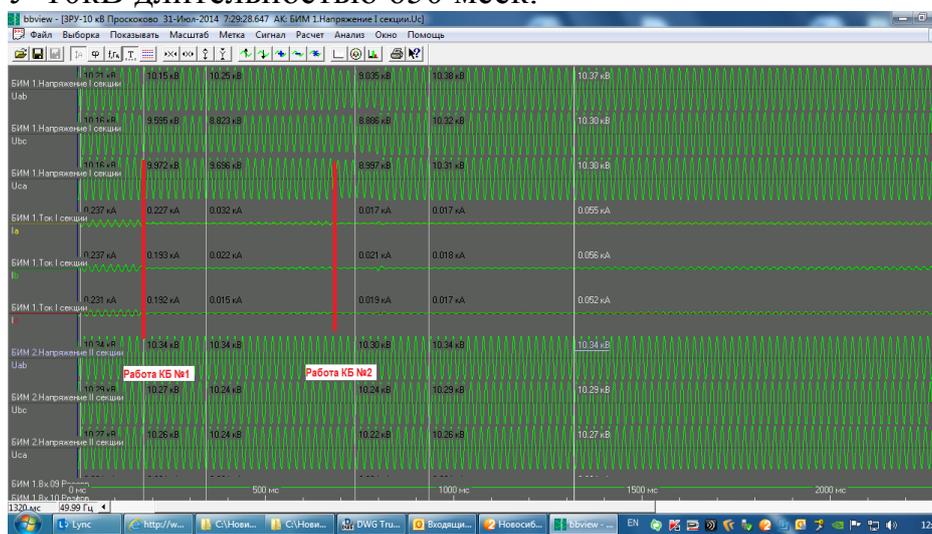


Рис. 2.- График зависимости напряжения от времени

На рисунке 3 представлено изменение напряжения звена постоянного тока в ПЧ.

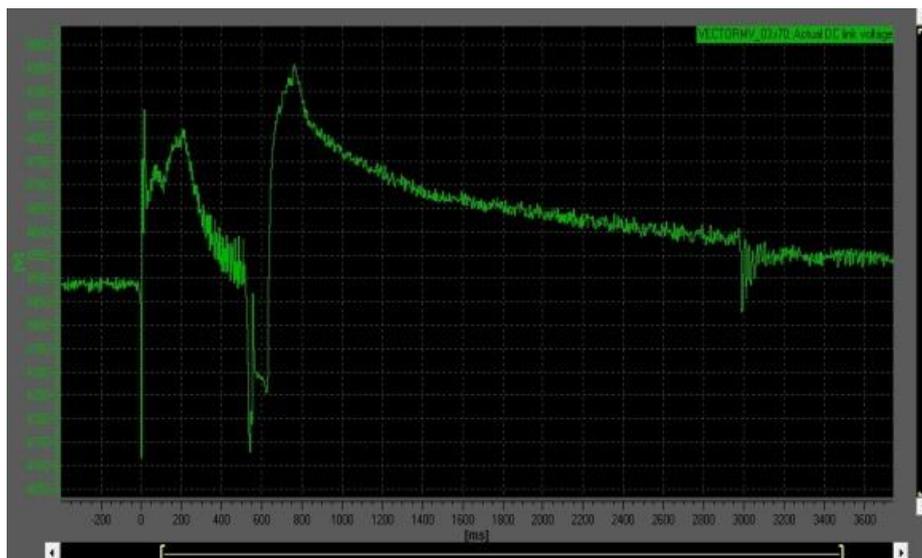


Рис. 3. Форма напряжения в звене постоянного тока

### Заключение:

В ходе исследований преобразователя напряжения для газовой промышленности был разработан алгоритм срабатывания защитной функции преобразователя частоты при просадке напряжения питающей сети.

При просадке питающего трехфазного напряжения в диапазоне  $10 \div 5,5$  кВ в звене постоянного тока ПЧ снижается напряжение ЗПТ  $U_{зпт}$  до уставки срабатывания защитной функции ПЧ «Кинетическая буферизация» (4135 кВ).

Преобразователь частоты переводит асинхронный двигатель в генераторный режим (снижение частоты вращения, торможение АД), тем самым подзаряжая звено постоянного тока и удерживая в нужном диапазоне 4135÷5673 кВ.

По превышению уставки напряжения 4135кВ в звене постоянного тока преобразователь частоты пытается синхронизироваться и вывести АД на заданную скорость и мощность до возникновения возмущения в сети.

Если при этом напряжение звена постоянного тока не просаживается ниже уставки, то АД втягивается в работу.

Если просадка со стороны питающего напряжения 10 кВ длительная и напряжение звена постоянного тока снова снижается до уставки срабатывания «Кинетическая буферизация», то ПЧ разгружает АД для заряда оставшейся энергией звена постоянного тока.

Научный руководитель: Е.П. Богданов, к.т.н., доцент каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ.

## **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЯЖЕЛОГО САМОЛЕТА**

Ю.Ю. Альчин

Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭКМ, группа 5АМ6Н

Усложнение технических систем диктует необходимость создания соответствующих имитационных моделей, позволяющих уже на этапе проектирования не только оценить режимы работы систем, но и производить подготовку персонала, не прибегая к их реальному воплощению.

В представленной статье решается задача создания имитационной модели авиационной системы электроснабжения (СЭС) постоянного и переменного токов тяжелого самолета на примере Ил-76 в программном пакете Matlab Simulink.

Matlab - один из самых перспективных прикладных пакетов для моделирования. Интерактивная среда Simulink позволяет использовать уже готовые библиотеки блоков для моделирования электросиловых, механических и гидравлических систем, а также применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств реального времени [1]. Использование среды Simulink позволяет удобно изобразить структуру изучаемой системы, показать связи между объектами, при этом не требуется широких знаний языков программирования, численных методов математики. Одной из библиотек среды является Sim Power System.

Библиотека блоков Sim Power System ориентирована на моделирование устройств силовой электроники. В ее состав входят модели пассивных и активных электрических элементов, источников энергии, электродвигателей, трансформаторов и т.п. оборудования. Используя специальные возможности библиотек, пользователь может имитировать работу устройств во временной области, выполнять различные виды анализа [2].

Для питания всех потребителей электроэнергии самолет Ил-76 оснащен: