

# **Автономная станция электроснабжения на основе асинхронного генератора с КЗ ротором и преобразователя частоты пониженной мощности**

Виноградов Анатолий Брониславович  
НТЦ Электропривода «Вектор», г. Иваново

## **Распространенные варианты построения станций электроснабжения переменного тока с приводом от ДВС и повышенными требованиями к качеству электроэнергии**

- синхронный генератор с обмоткой возбуждения, управляемый от полупроводниковой системы возбуждения (СГОВ-СВ);
- асинхронный генератор с фазным ротором, управляемый со стороны роторной цепи от преобразователя частоты пониженной мощности (АГФР-ПЧ);
- синхронный генератор – неуправляемый выпрямитель – звено постоянного напряжения – автономный инвертор напряжения – синус-фильтр (СГ-НВ-ЗПТ-АИН-СФ);
- асинхронный либо синхронный генератор переменного тока – активный выпрямитель – звено постоянного напряжения – инвертор напряжения – синус-фильтр (ГПТ – АВ – ЗПТ – АИН – СФ);
- генератор переменного тока – преобразователь частоты с непосредственной связью – синус-фильтр (ГПТ-НПЧ-СФ).

# Пример построения АСЭ в составе комплекта тягового электрооборудования трактора 300 л.с. (прототип – 2008г.)

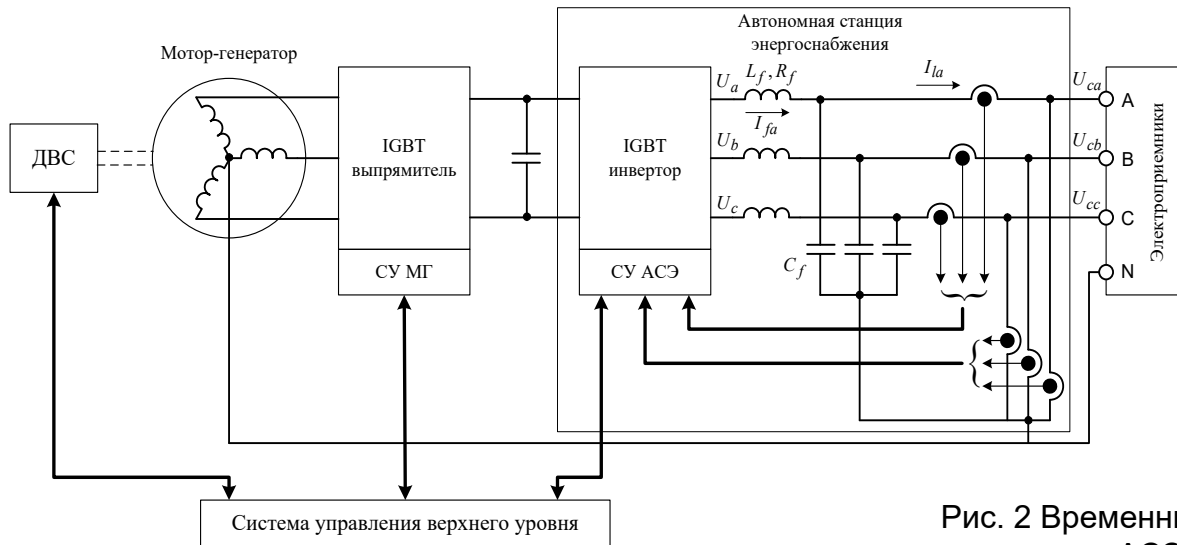


Рис. 1. Структурная схема АСЭ по структуре «ДВС – АГКЗ – АВ – ЗПТ – АИН – СФ – нагрузка»



Рис.4. Внешний вид АСЭ

Рис. 2 Временные диаграммы АСЭ в режиме коммутации номинальной активной нагрузки в одной фазе

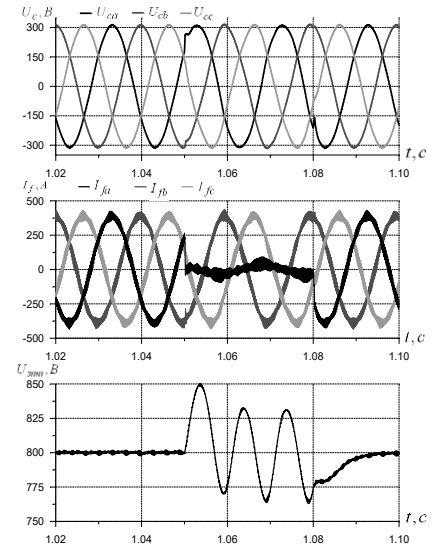
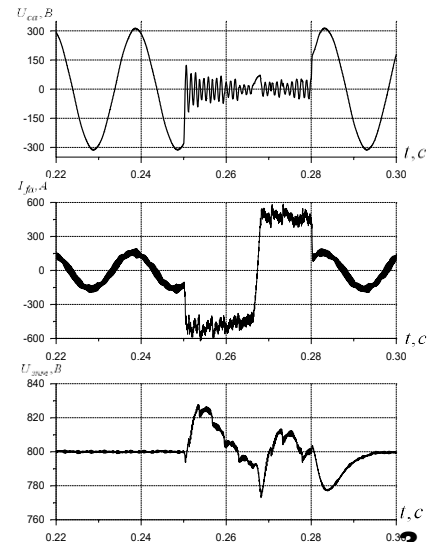
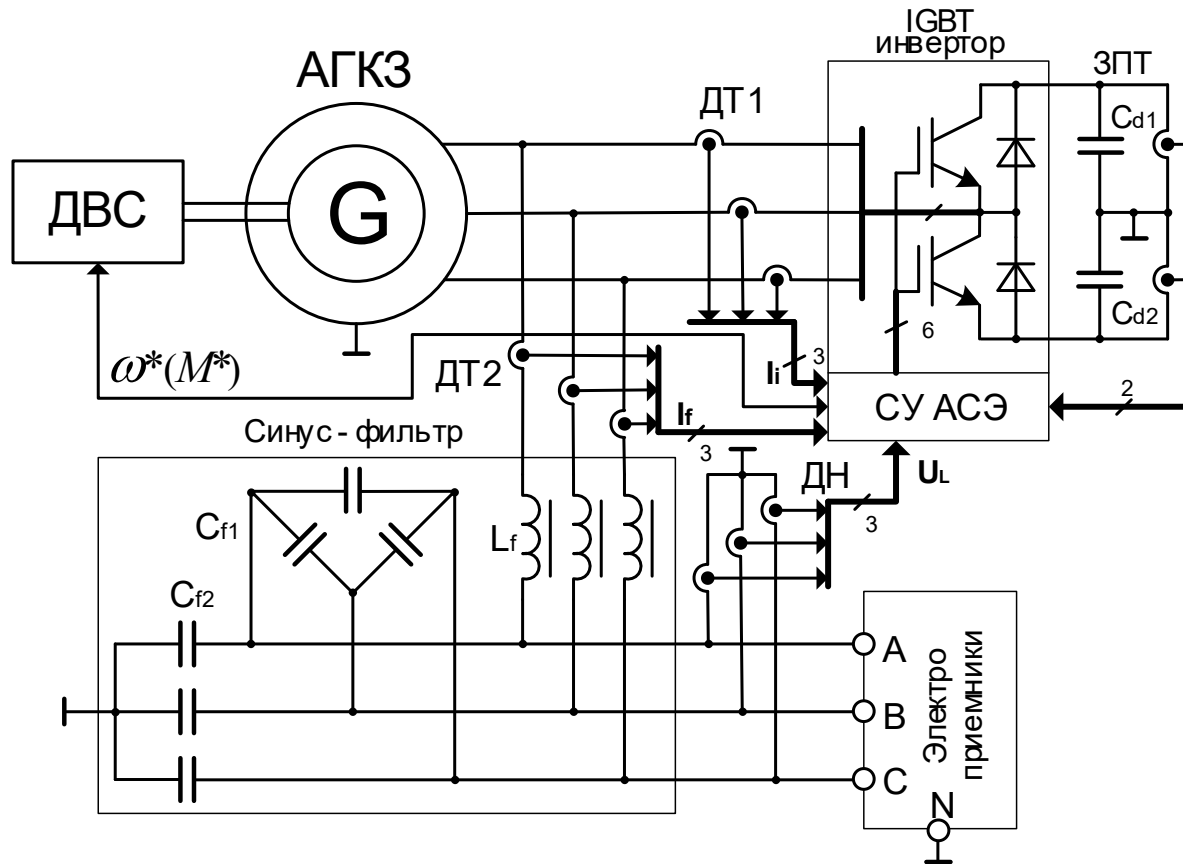


Рис. 3. Временные диаграммы АСЭ в режиме однофазного короткого замыкания



## Структурная схема АСЭ на основе АГКЗ и ПЧ пониженной мощности



### Варианты подключения нейтрали нагрузки к АСЭ:

- 1) Только средняя точка ЗПТ;
- 2) Только средняя точка статора АГКЗ;
- 3) Средние точки АГКЗ и ЗПТ.

Критерий сравнения вариантов: минимизация стоимости АСЭ при заданном качестве выходных напряжений и коэффициенте несимметрии нагрузки:

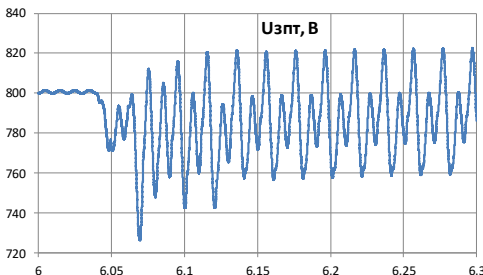
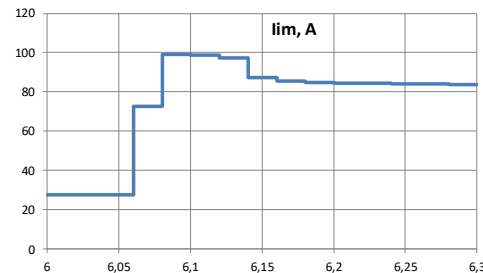
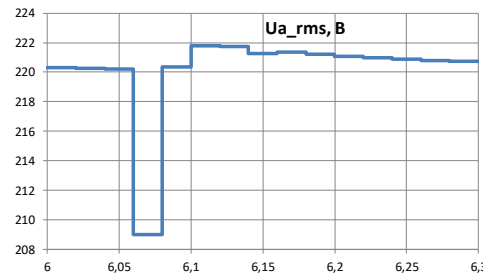
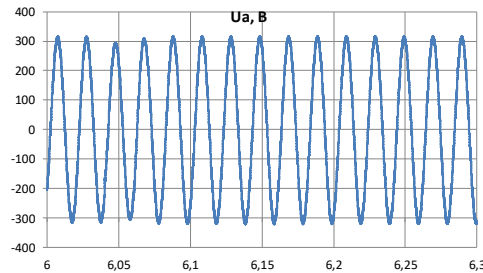
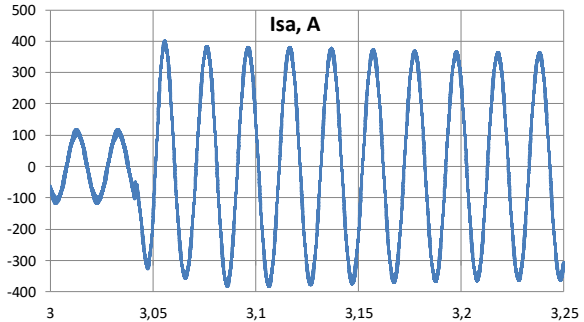
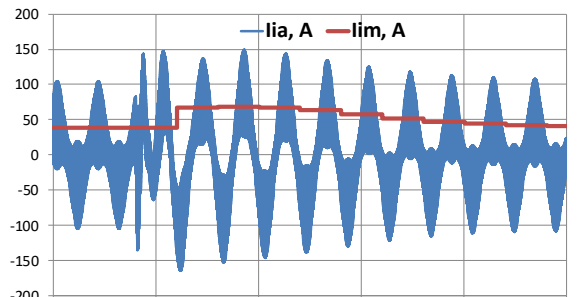
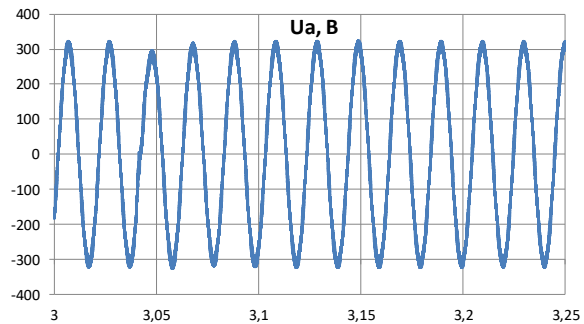
$$K_{нн} = (S_{\max} - S_{\min}) / S_{\text{ном}}$$

## Отличительные особенности вариантов построения АСЭ

№	Наименование отличительной особенности	Тип силовой части АСЭ				
		СГОВ – СВ	АГФР – ПЧ	ГПТ– АВ–ЗПТ– АИН–СФ	ГПТ– НПЧ –СФ	АГКЗ– АИН– СФ
1	Отсутствие скользящего контакта (надежность)	–	–	+	+	+
2	Преобразователь пониженной мощности (стоимость, массогабариты)	+	+	–	–	+
3	Активная компенсация влияния несимметрии нагрузки (качество выходного напряжения)	–	–	+	+	+
4	Регулирование частоты системой управления генератора (независимое изменение скорости ДВС)	–	+	+	+	–



## Результаты моделирования



$U_a$  – напряжение фазы А нагрузки;

$U_{a\_rms}$  – действующее напряжение фазы А нагрузки;

$I_{im}$  – максимальный действующий ток фазы АИН;

$U_{зпт}$  – напряжение звена постоянного напряжения;

### Режим наброса номинальной симметричной нагрузки:

$U_a$  – напряжение фазы А нагрузки;

$I_a, I_{im}$  – мгновенный и максимальный действующий токи фазы АИН;

$I_{sa}$  – ток фазы А статора АГКЗ.

Введении асимметричной нагрузки:  $R_H=1;2;2 \text{ Ом}$

# Режим КЗ в фазе А нагрузки

$I_{sa}$  – ток фазы А АГКЗ

-1100 A

$I_{fa}$  – ток фазы А дросселя  
синус-фильтра

-1100 A

$I_{ia}$  – ток фазы А АИН

-250 A

110 A

$I_{im}$  – максимальный действующий ток фазы АИН

32A

Длительность фрагмента:  
**0.5с**

$U_{na}$  – напряжение фазы А нагрузки

-311 В

$I_{na}$  – ток фазы А нагрузки

-1400 A

$\Psi_{ra}$  – поток фазы А ротора АГКЗ

-0.96 Вб

800 В

$U_{zпт}$  – напряжение шины DC АИН

160 В

# Режим выхода из КЗ в фазе А нагрузки

$I_{sa}$  – ток фазы А АГКЗ

-370 A

$I_{fa}$  – ток фазы А дросселя  
синус-фильтра

-420 A

$I_{ia}$  – ток фазы А АИН

-200 A

110 A

$I_{im}$  – максимальный действующий  
ток фазы АИН

18A

**Длительность фрагмента: 0.5с**

350 В

$U_{na}$  – напряжение фазы А нагрузки

-311 В

$I_{na}$  – ток фазы А нагрузки

-400 A

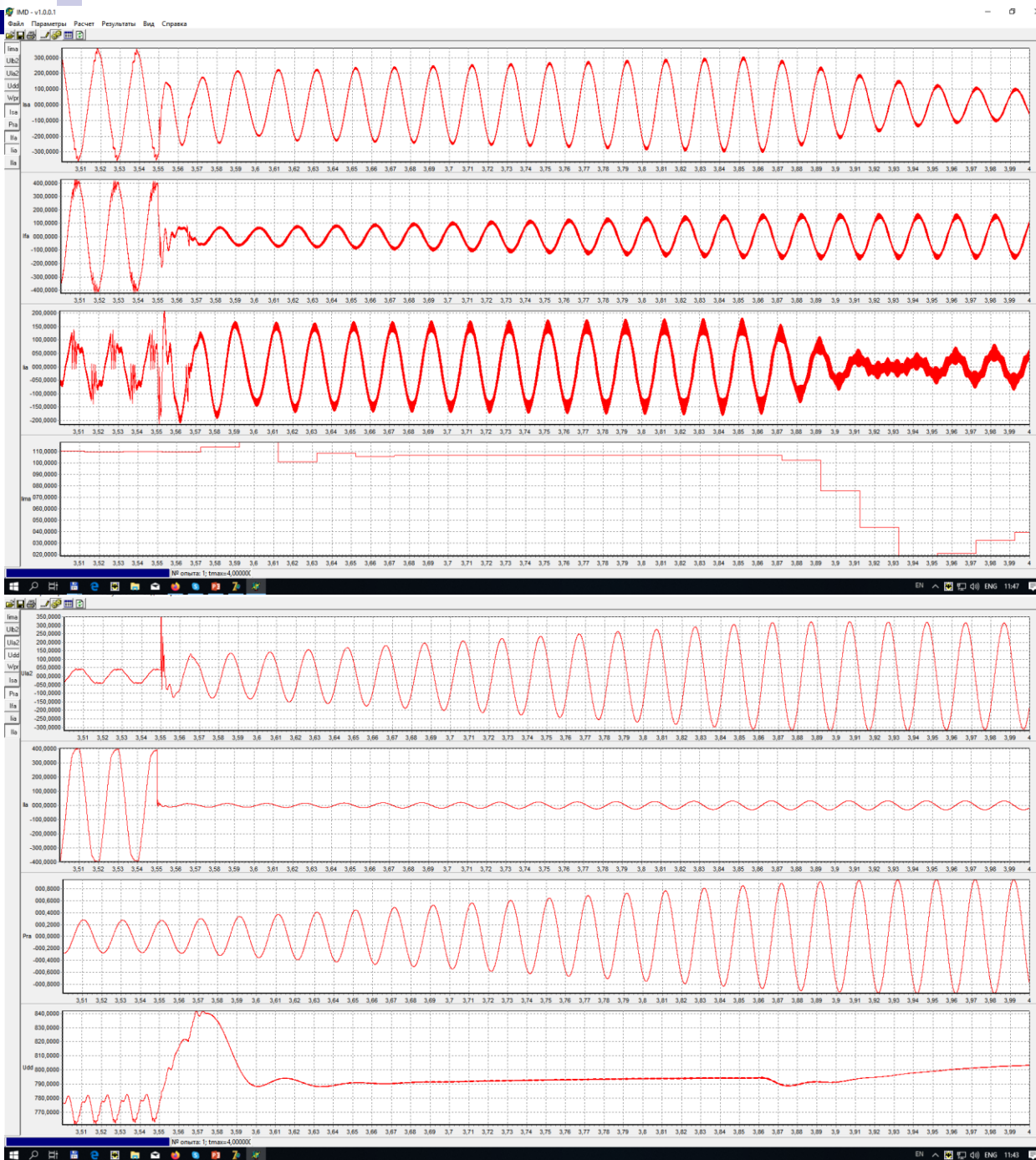
0.96B6

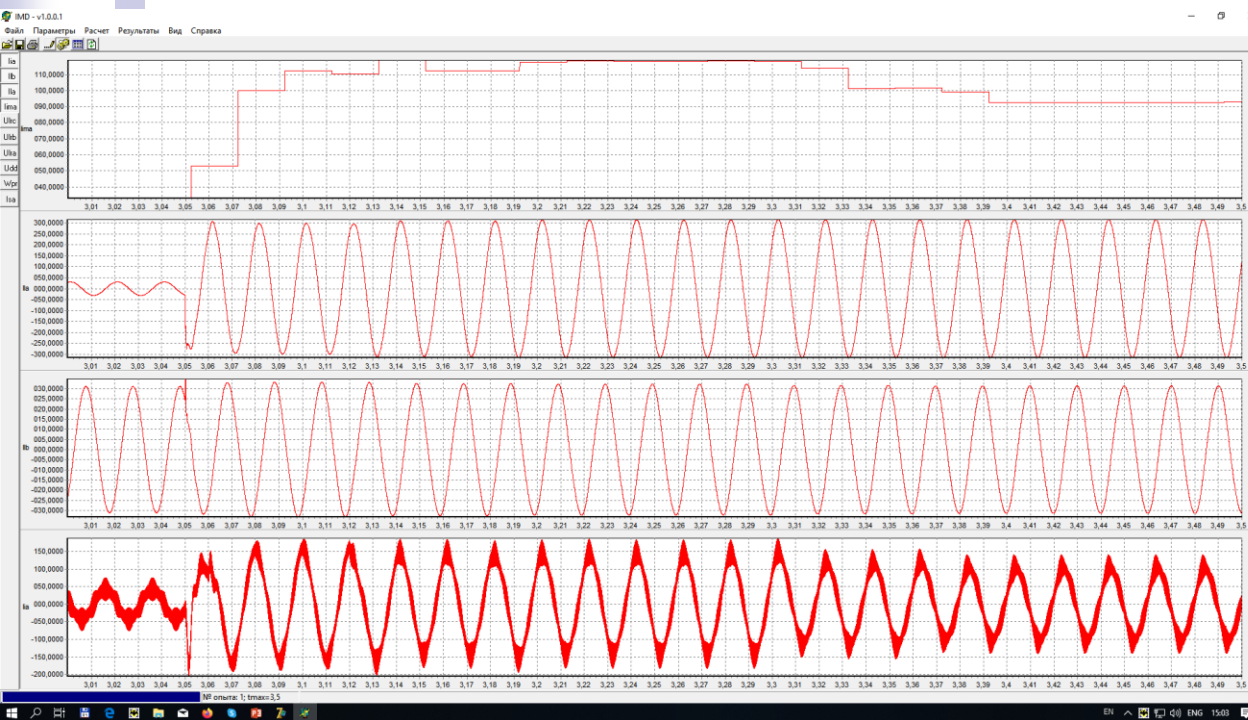
$\Psi_{ra}$  – поток фазы А ротора АГКЗ

840 В

$U_{zпт}$  – напряжение шины DC АИН

760 В





# Наброс номинальной нагрузки в фазе А

120 A  
 $I_{im}$  – максимальный действующий ток фазы АИН

32A  
 $I_{на}$  – ток фазы А нагрузки

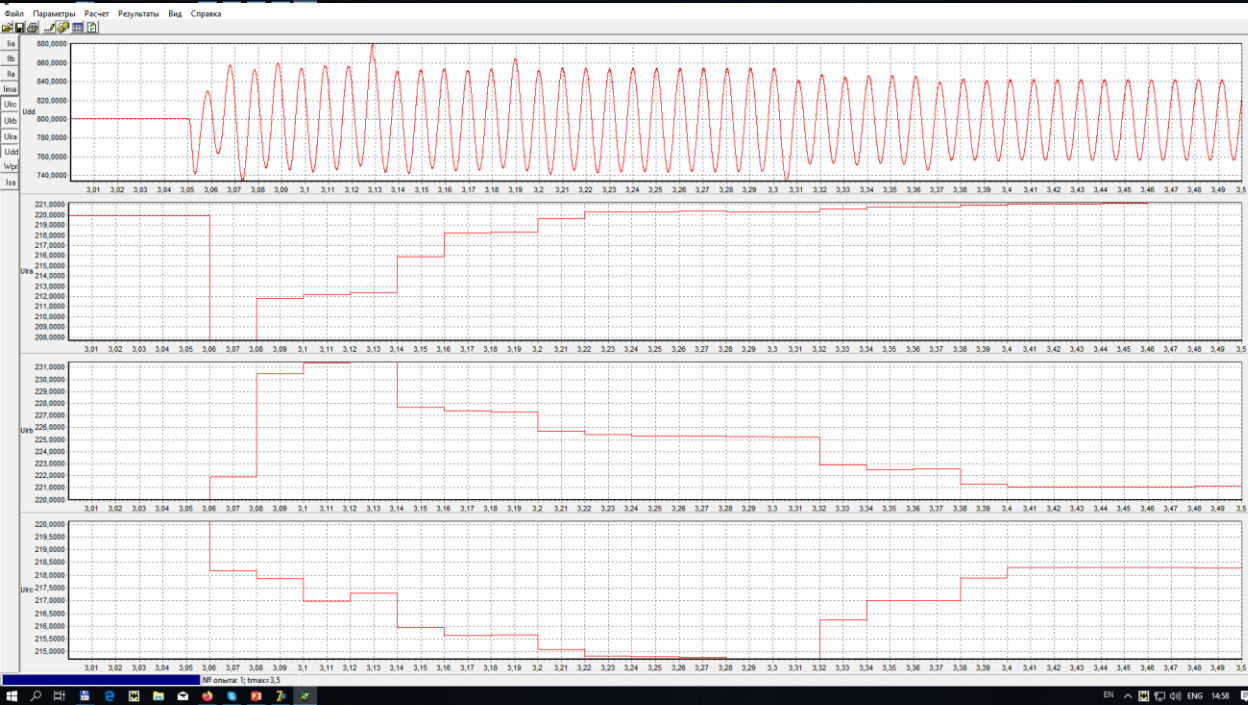
-312 A  
 $I_{нв}$  – ток фазы В нагрузки

-32 A  
 $I_{ia}$  – ток фазы А АИН

**Загрузка фаз, %:**

А	В	С
10..100	10	10

-200A  
 Длительность фрагмента: 0.5с



860 В  
 $U_{зпт}$  – напряжение шины DC АИН

740 В  
 221В  
 $U_{на}$  – действующее напряжение фазы А нагрузки

208В  
 231 В  
 $U_{нв}$  – действующее напряжение фазы В нагрузки

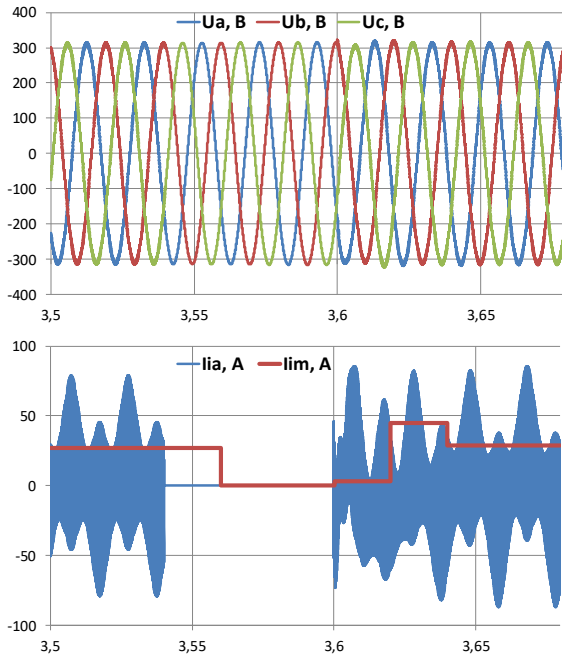
220 В  
 220 В  
 $U_{нс}$  – действующее напряжение фазы С нагрузки

$\delta_{st} < 1\%$

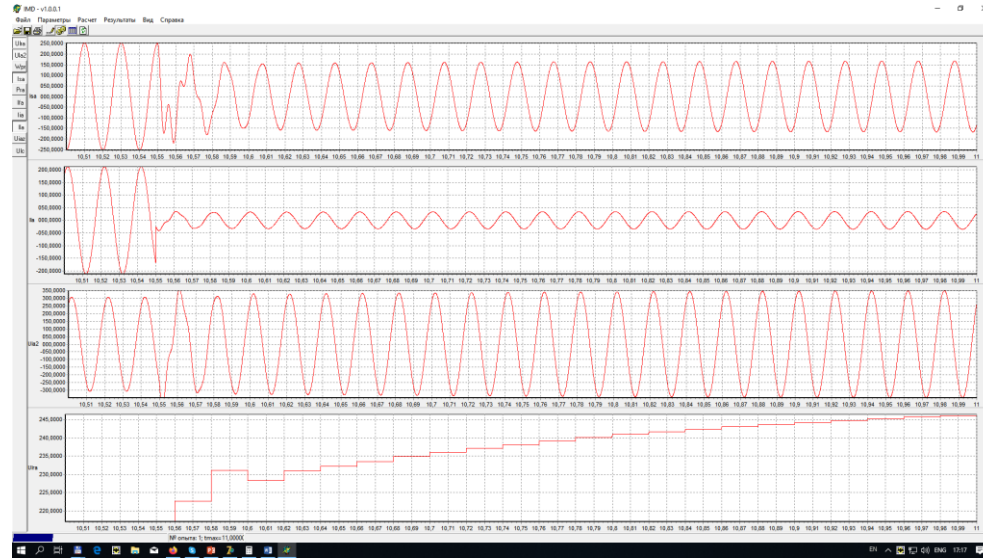
$\delta_{din} < 5.5\%$

214 В  
**10**

# Работа АСЭ при заблокированном АИН



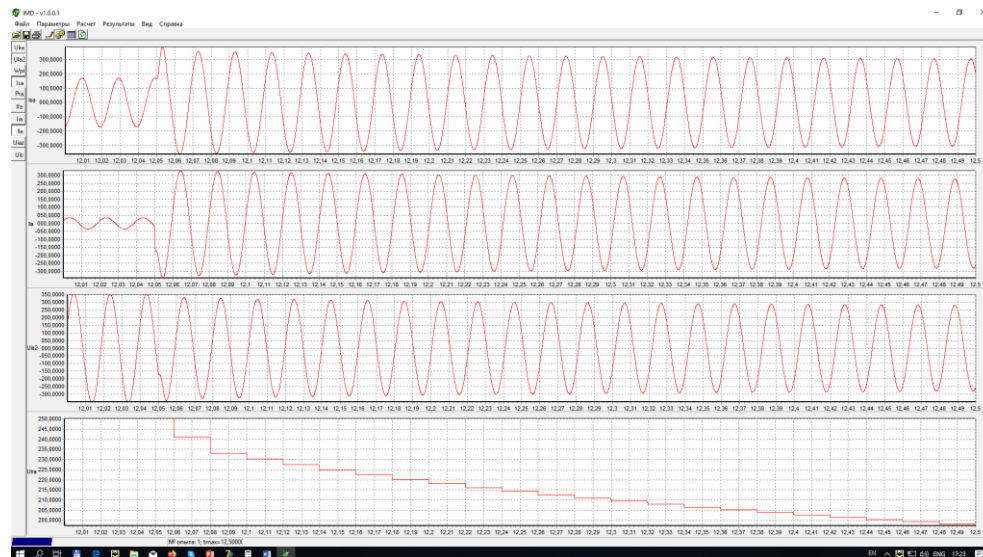
Временные диаграммы работы АСЭ с симметричной нагрузкой 50% от номинальной при кратковременной (3.54...3.6с) блокировке АИН



- 250А  
I<sub>а</sub> – ток фазы А  
АГКЗ
- 215А  
I<sub>а</sub> – ток фазы А  
нагрузки
- 350В  
U<sub>а</sub> – напряжение  
фазы А нагрузки
- 248 В  
U<sub>а</sub> – действ. напр.  
фазы А нагрузки
- 217 В

Изменение симметричной нагрузки  $\delta_{st}=14\%$  от 70 до 10% от номинальной

Длительность фрагмента: 0.5с



- 400А  
I<sub>а</sub> – ток фазы А  
АГКЗ
- 325А  
I<sub>а</sub> – ток фазы А  
нагрузки
- 350 В  
U<sub>а</sub> – напряжение  
фазы А нагрузки
- 250 В  
U<sub>а</sub> – действ. напр.  
фазы А нагрузки
- 198 В

Изменение симметричной нагрузки от 10 до 100% от номинальной

## Заключение

- Разработана структура, алгоритмы управления и проведены исследования посредством моделирования автономной станции электроснабжения, построенной на основе асинхронного двигателя с КЗ ротором и инвертора малой мощности. Исследования типовых рабочих и аварийных режимов показали:
  - статическая погрешность выходных напряжений при 100%-й асимметрии нагрузки не превышает 1%;
  - ток АИН не превышает 20% от тока симметричной номинальной нагрузки ( $I_{ном}$ ), 40%  $I_{ном}$  при 100%-й асимметрии и 50%  $I_{ном}$  в режиме КЗ;
  - при блокировке АИН (в режиме самовозбуждения АГКЗ) АСЭ работоспособно, но с меньшей точностью и диапазоном симметричных и несимметричных нагрузок.
- АСЭ может быть рекомендована для применения в качестве относительно недорогого и надежного 3-фазного источника переменного тока с повышенным качеством выходного напряжения, в том числе для питания удаленных жилых и промышленных объектов (как стационарных, так и мобильных).