

## АНАЛИЗ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ, ПИТАЮЩЕГО ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМУЮ КОМПРЕССОРНУЮ УСТАНОВКУ ПРИ ОДНОФАЗНОМ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЗЕМЛЮ НА ВЫХОДЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

УДК 622.691.4.  
4.052.012

ANALYSIS OF THE HIGHER HARMONICS OF VOLTAGE FEEDING FREQUENCY-CONTROLLED COMPRESSOR INSTALLATION DURING SINGLE-PHASE SHORT CIRCUIT TO GROUND AT THE FREQUENCY INVERTER OUTPUT

Бабакин В.И.

ФГБОУ ВПО Уфимский  
государственный нефтяной  
технический университет

V.I. Babakin

FSBEI Ufa state petroleum technical  
university

Анализируется гармонический состав напряжения, потребляемого частотно-управляемой компрессорной установкой в аварийном режиме (однофазное короткое замыкание на землю), при котором не происходит аварийное отключение электродвигателя от питающей сети.

Для анализа используется упрощенная модель частотно-управляемой компрессорной установки.

The harmonic composition of voltage consumed by a frequency-driven compressor unit in emergency mode (single-phase short circuit to ground), during which the motor is not switched off from the mains, is analyzed.

For analysis, a simplified model of the frequency-driven compressor unit is used.

**Ключевые слова:** компрессорная установка, частотно-регулируемый электропривод, преобразователь частоты, гармонический состав, коэффициент несинусоидальности, индекс модуляции.

**Keywords:** compressor installation, variable frequency drive, frequency inverter, harmonic structure, wave form, the index of modulation.

При однофазных замыканиях на землю электропитание электроприемников в сетях с изолированной нейтралью не нарушается. При этом, в определенных условиях, оговоренных в ПУЭ, двигателя можно не отключать от сети. Однако, режим замыкания на землю изменяет напряжения фаз по отношению к земле и может изменить уровень гармоник в сети и в электродвигателе. В статье рассматривается гармонический состав токов и напряжений при пробое изоляции на вводах электродвигателя при питании его от преобразователя частоты.

Для исследования высших гармоник использована упрощенная модель частотно-регулируемого электропривода в среде программного пакета MatLab [1], приведенная на рисунке 1. На рисунке 1 обозначено: ЭС – модель питающей электрической сети, Т1 – модель трансформатора главной понижающей

подстанции; КЛ – модель кабельной линии; ПЧ – модель преобразователя частоты, АД – асинхронный электродвигатель.

Однофазное замыкание на землю моделируется в фазе А в точке К.

**Анализ высших гармоник в питающей сети.** Измерения проводились на входе преобразователя частоты (ПЧ). На рисунке 2 представлены осциллограмма напряжения (рисунок 2, а) и результаты разложения в ряд Фурье тока на входе ПЧ (рисунок 2, б).

Действующее значение междуфазного напряжения не изменяется, но форма его становится несинусоидальной. Наибольший вклад в искажение кривой тока вносят гармоники со второй по девятой. Начиная с 10-й гармоники, амплитуды гармоник тока быстро снижаются. По сравнению с режимом без замыкания появились четные гармоники и гармоники, кратные трем. В режимах без замыкания на землю токи гармоник, кратные трем, в сети с изолированной нейтралью не протекают.

**Анализ гармонического состава выходного напряжения инвертора.** Измерения проводились на выходе ПЧ. На рисунке 3 представлены результаты исследования: форма кривой напряжения (рисунок 3, а) и разложение в ряд Фурье фазного тока элек-

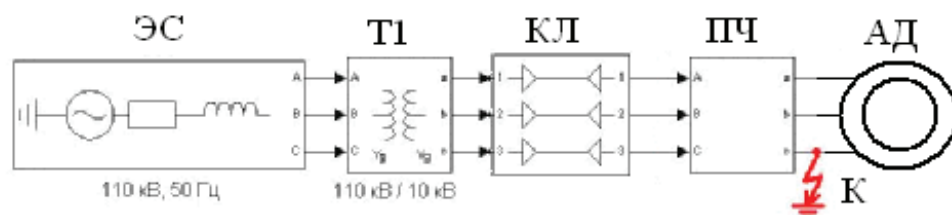


Рисунок 1. Модель частотно-регулируемого электропривода

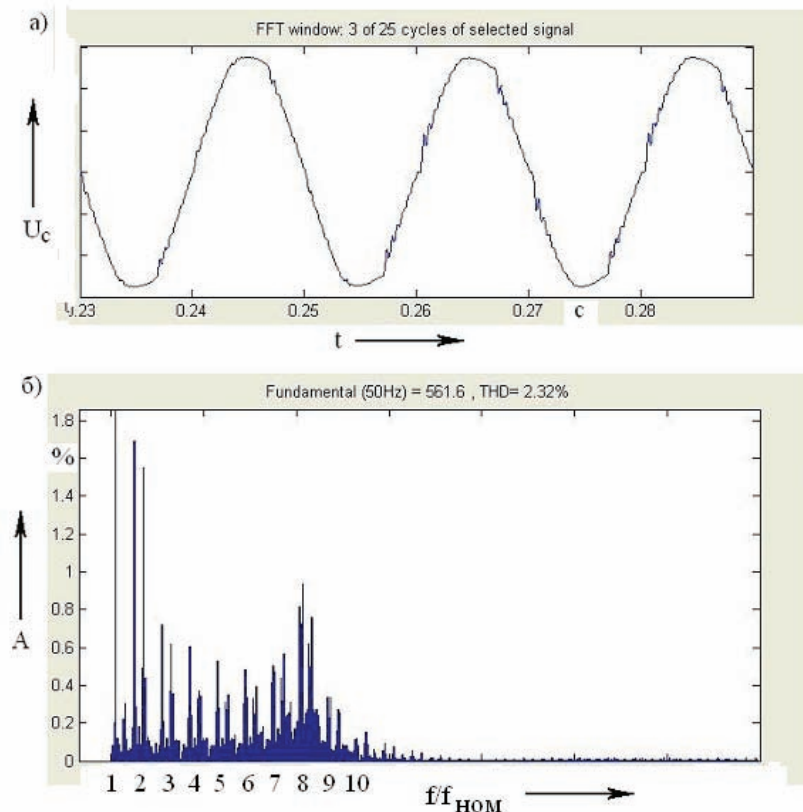


Рисунок 2. Форма кривой напряжения (а) и гармоники тока (б) на входе ПЧ

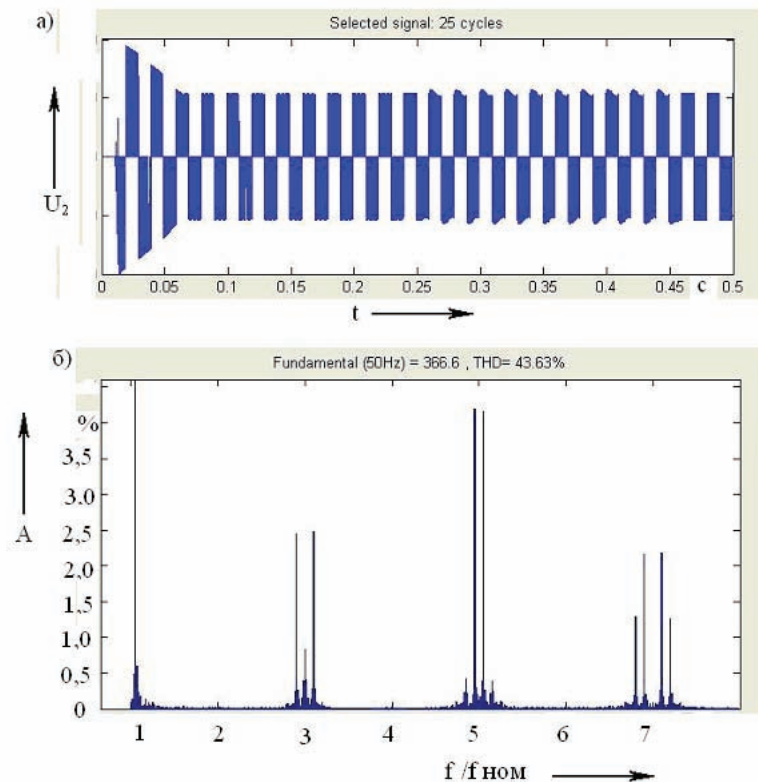


Рисунок 3. Форма кривой напряжения (а) и гармоники тока (б) на выходе ПЧ

тродвигателя (рисунок 3, б). На выходе ПЧ показана высокочастотная последовательность напряжения. Ток на выходе ПЧ содержит только нечетные гармоники, из которых наибольшее значения имеют третья, пятая и седьмая.

**Анализ напряжений и токов в месте однофазного замыкания фазы А на вводах двигателя.** Осциллограммы напряжений и токов в месте возникновения замыкания на землю представлены на рисунке 4.

В момент времени 0,25 с появляется небольшой ток замыкания на землю, который составляет порядка 1,5 А. Напряжение фазы А снижается до нуля напряжения фаз В и С возрастают, примерно в 1,7 раз в фазе В и 1,5 раза – в фазе С

Результаты, представленные на рисунке 4, хорошо согласуются со свойствами электрических сетей с изолированной нейтралью при однофазных замыканиях на землю, а также коррелируют с аналогичными результатами при нормальном питании.

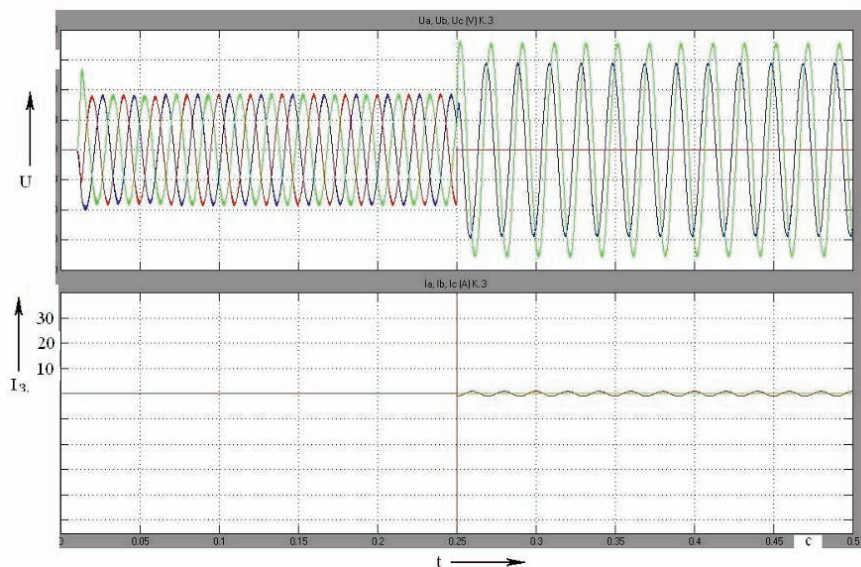


Рисунок 4. Ток и напряжения в месте замыкания на землю

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0: учеб. пособие. СПб.: Корона, 2001. С.227-243.

2. Веников В.А. Переходные электро-механические процессы в электрических системах. М.: Высш. шк., 1978.172с.

3. Лазарев Г. Частотно-регулируемый электропривод насосных вентиляторных установок //Силовая электроника. 2007. № 3. С. 32.

Бабакин В.И., канд.техн.наук, доцент кафедры «Электротехника и электрооборудование предприятий», ФГБОУ ВПО УГНТУ

V.I. Babakyn, cand. tech. sci., associate professor of chair «Electrical engineering and electrical equipment», FSBEI USPTU. e-mail: [valerybabakin@mail.ru](mailto:valerybabakin@mail.ru)