

**С.М. Манат\*, В.В. Югай**

Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

\*e-mail: manatsymbat20@gmail.com

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОДНОФАЗНЫХ ИНВЕРТОРОВ

**Аннотация.** В связи с увеличением интеграции солнечной энергетической системы в соединенные линии, солнечные энергетические системы имеют большое влияние на вопросы качества электроэнергии. Для повышения качества электроэнергии используются преобразователи. В этом исследовании описывается проектирование однофазных инверторов, которые используются для использования солнечной энергетической системы и анализа их характеристик. Эта статья посвящена моделированию однофазного инвертора. Инвертор – устройство для преобразования постоянного тока в переменный с изменением величины напряжения. Модель реализована с помощью программного обеспечения MATLAB Simulink с набором блоков SimPower System Block Set на основе компьютерного моделирования. Чтобы найти коэффициент гармоник с помощью программного обеспечения MATLAB Simulink используется анализ быстрого преобразования Фурье.

**Ключевые слова:** инвертор, качество электроэнергии, коэффициент гармоник, быстрое преобразование Фурье, MATLAB Simulink.

**Введение.** В современном мире спрос на энергию растет, и по мере того, как традиционные источники энергии, получаемые из нефти, с каждым днем сокращаются, интерес к использованию возобновляемых источников энергии постепенно возрастает [1]. Солнечная энергия считается важной среди альтернативных или возобновляемых источников энергии, и она имеет широкую область применения, включая сельские районы. Солнечные панели, используемые для преобразования света и тепловой энергии, получаемой из солнечной энергии, в электричество, развиваются каждый день с помощью новых появляющихся технологий и становятся более эффективными [2]. Качество электроэнергии является основной проблемой, которая возникает между линиями электропередачи от сети до конечного пользователя [3]. В связи с увеличением интеграции солнечной энергетической системы в соединенные линии, солнечные энергетические системы имеют большое влияние на вопросы качества электроэнергии. Инвертор является одним из основных компонентов, влияющих на качество электроэнергии непосредственно в солнечной энергетической системе и за счет преобразования постоянного тока в переменный [4].

Солнечная энергия становится важной с ежедневной интеграцией новых систем солнечной энергии для систем передачи и распределения [5]. Солнечные энергетические системы состоят из 4 основных частей, как показано на рисунке 1. Фотоэлектрическая батарея, зарядное устройство/МРРТ, аккумулятор (при желании) и инвертор. Инвертор – один из важнейших компонентов солнечной энергетической системы, напрямую влияющий на качество энергии.

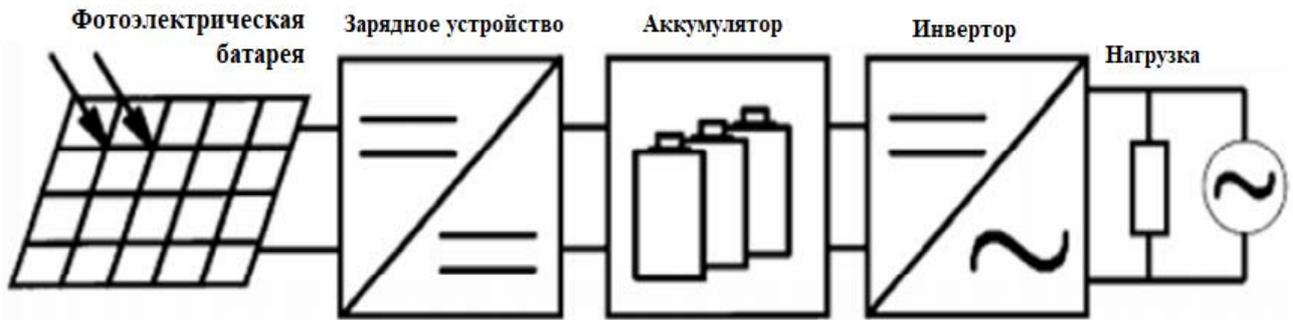


Рисунок 1. Блок-схема фотоэлектрической системы

Качество электроэнергии усложняется из-за увеличения интеграции нелинейной нагрузки и различных возобновляемых ресурсов [6]. Существуют различные параметры качества электроэнергии, такие как общее гармоническое искажение (THD), смещение постоянного тока, мерцание и т. д. В этой статье общее гармоническое искажение исследовалось с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) [7].

Быстрое преобразование Фурье (БПФ) в основном преобразует сигнал из временной области в частотную [8].

Вычисление THD является важным явлением, поскольку инвертор является крупнейшим источником гармоник, полезно определить его степень, поскольку это фактор, используемый для доступа к качеству мощности на выходе инвертора. THD получается из соотношения:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2}}{V_0}$$

В приведенном выше уравнении  $V_0$  - основная составляющая,  $V_n$  - амплитуда нечетной гармоники  $n$ -го порядка.

**Методы.** В этой работе программа моделирования MATLAB используется для анализа влияния гармоник на однофазный инвертор [9]. В этом разделе рассматриваются результаты моделирования схемы со схемой фильтрации гармоник и без нее. На практике предпочтительна чистая синусоида на выходе инвертора, но получить чистую синусоиду сложно. Чтобы получить чистую синусоиду, на выходе инвертора создается схема фильтра. С помощью фильтра можно удалить гармоники на выходе инвертора. В схеме моделирования используется фильтр нижних частот [10].

На рисунке 2 показан вид проекта инвертора без фильтра. Этот выход инвертора будет иметь гармоники из-за магнитных устройств, используемых в конструкции. Но для уменьшения этих гармоник можно использовать фильтр, как показано на рисунке 3. Фильтр – это просто комбинация последовательно соединенных катушек индуктивности и конденсатора. Фильтр нижних частот имеет то преимущество, что пропускает сигналы с низкой частотой, но не может легко пропускать высокочастотную составляющую сигнала, потому что полное сопротивление катушки индуктивности увеличивается при высокой частоте.

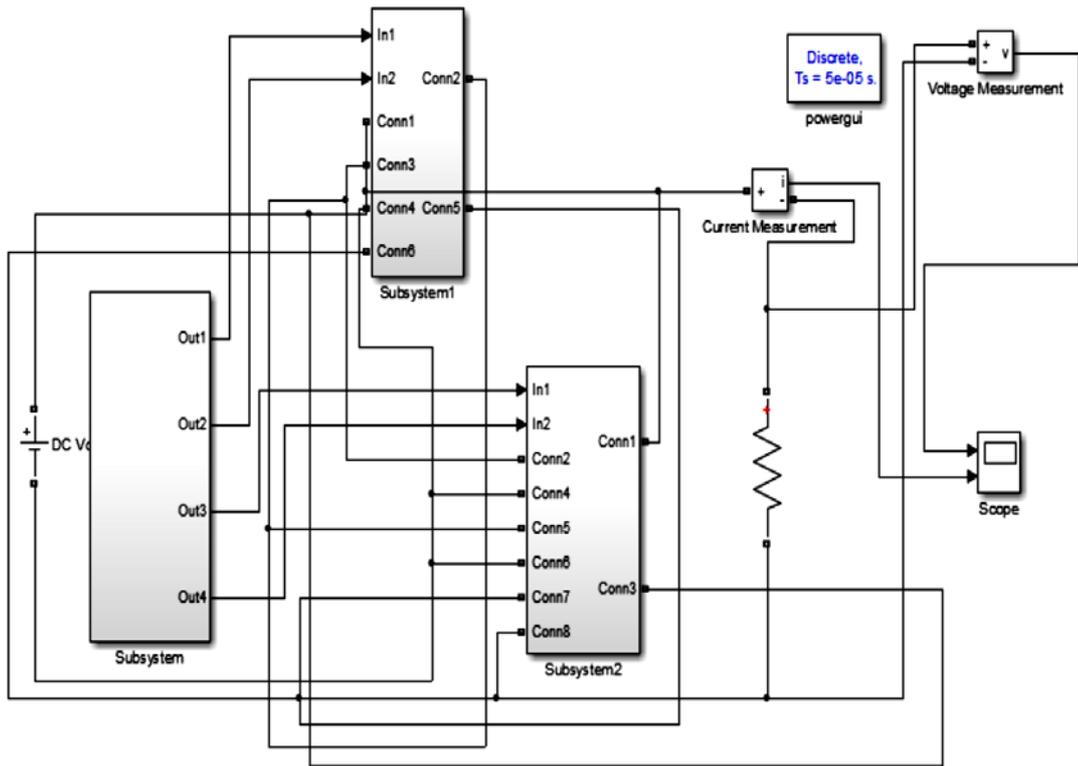


Рисунок 2. Инвертор без фильтра

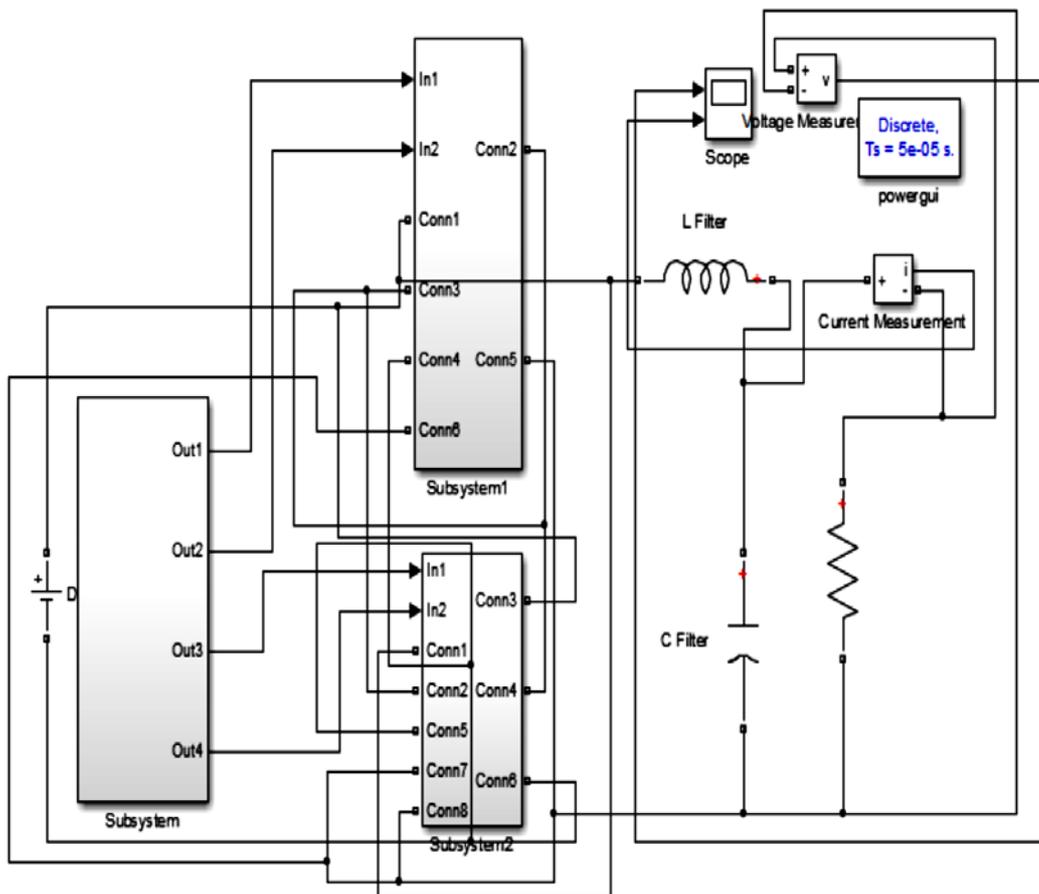


Рисунок 3. Инвертор с фильтром

Результат. Результаты моделирования представлены на рисунках 4, 5, 6 и 7.

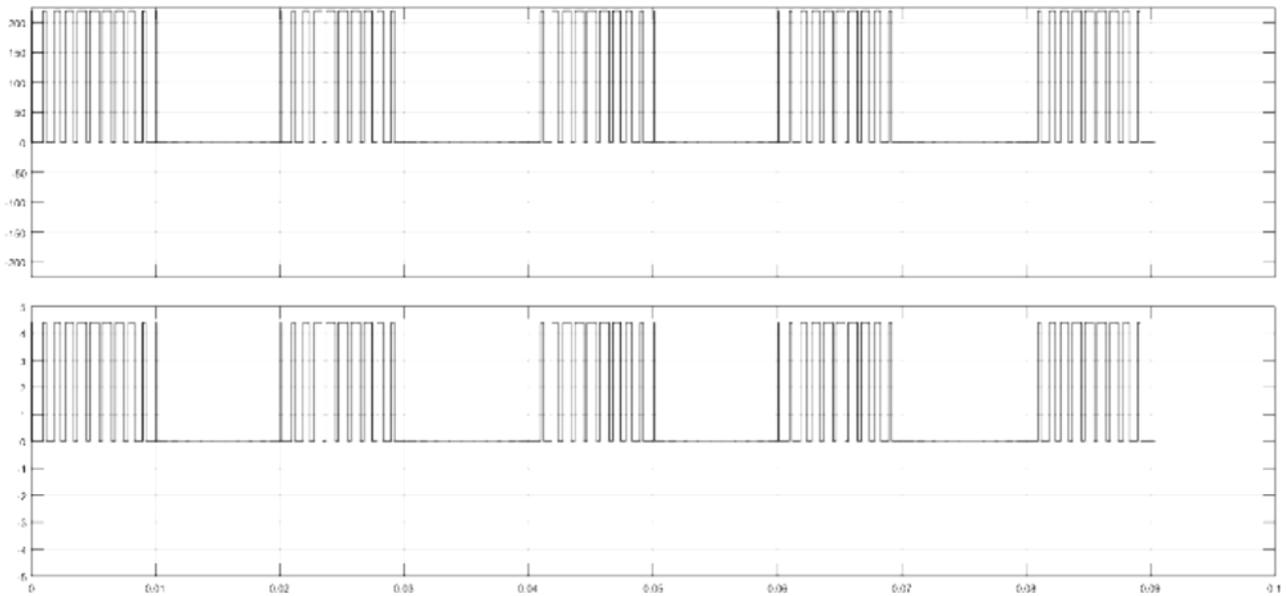


Рисунок 4. Форма выходного напряжения и тока с гармониками

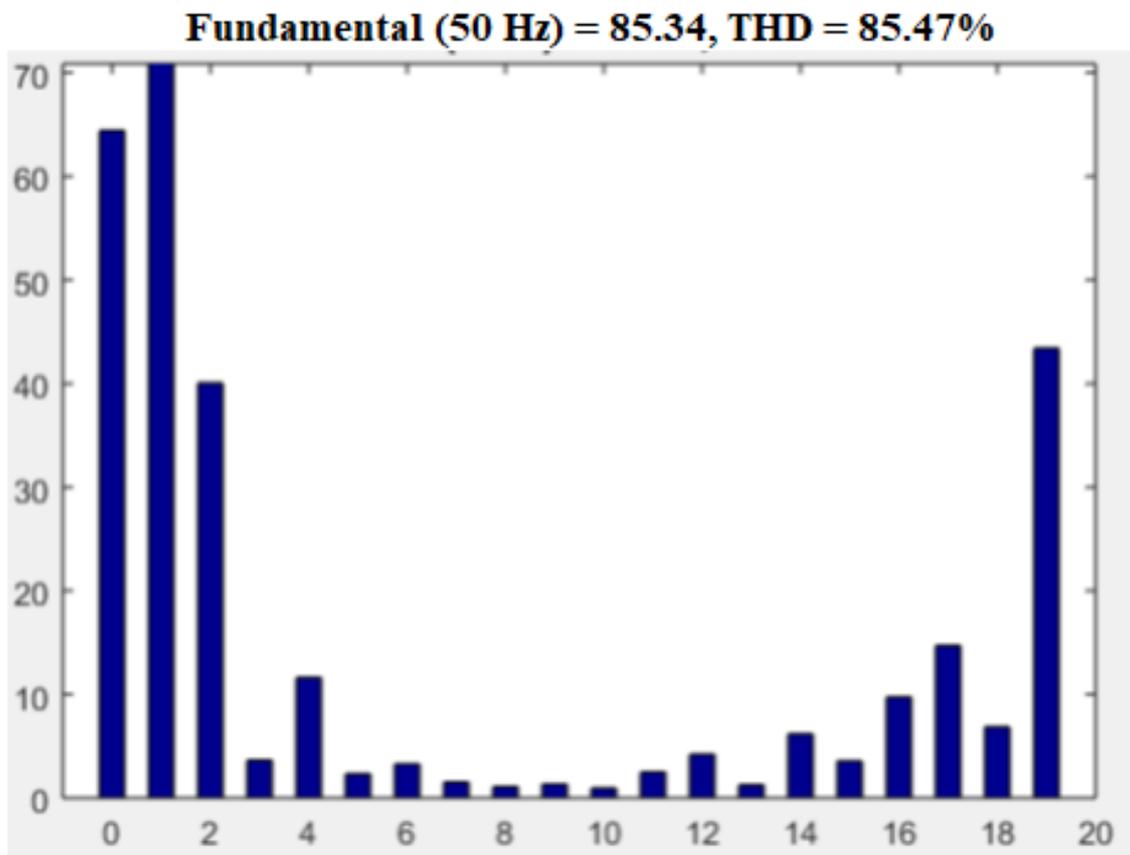


Рисунок 5. БПФ анализ инвертора с гармониками

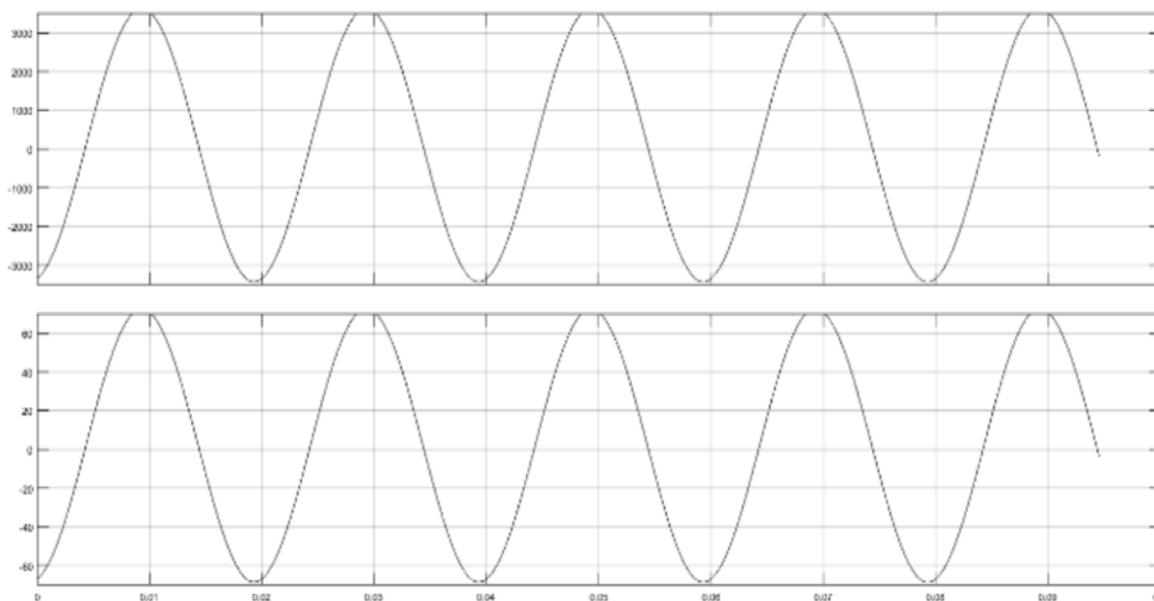


Рисунок 6. Выходное напряжение и ток инвертора без гармоник

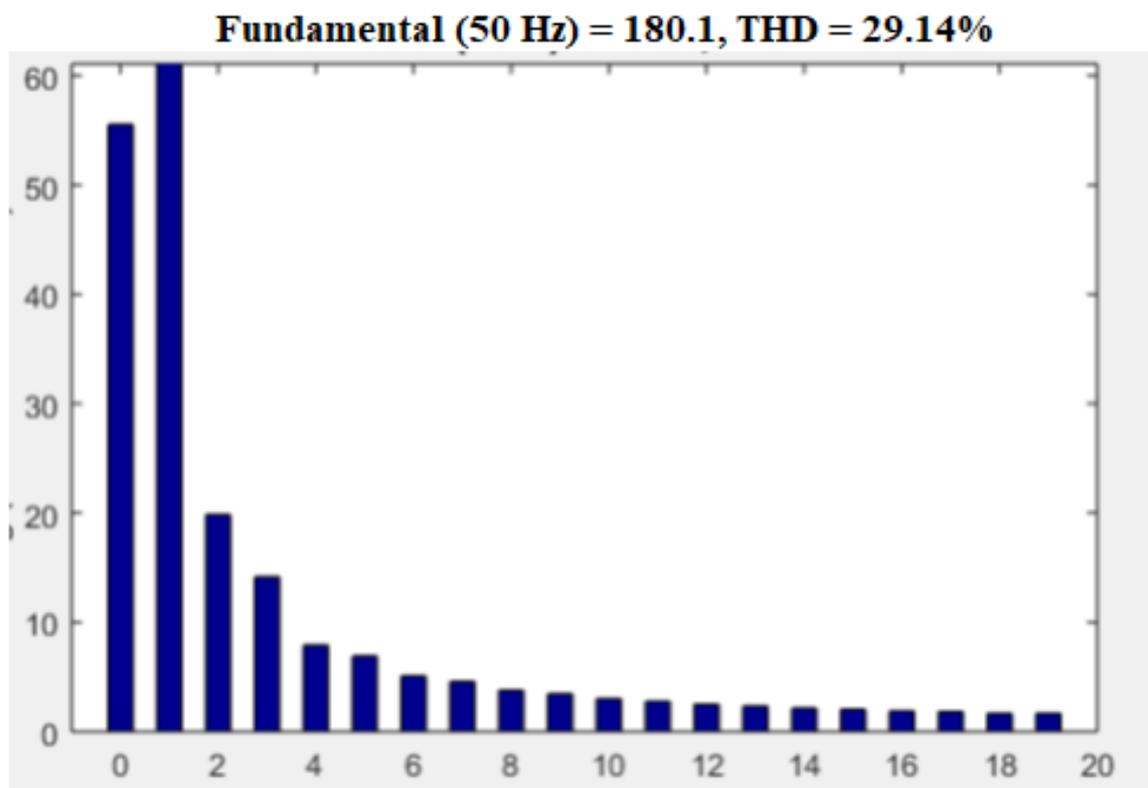


Рисунок 7. БПФ анализ инвертора без гармоник

**Вывод.** Это исследование посвящено анализу гармоник однофазного инвертора. Он включает в себя простой и практичный инвертор. Модель как для простого, так и для практичного инвертора смоделирована в MATLAB. Чтобы найти коэффициент гармоник и THD, используется анализ быстрого преобразования Фурье с использованием программного обеспечения MATLAB Simulink. Показано, что характеристики схемы инвертора со схемой фильтрации гармоник, имеющей значение THD 29,14%, лучше, чем характеристики схемы инвертора без схемы фильтрации гармоник, имеющей значение THD 85,47%.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.ebrd.com/cs/Satellite?c=Content&cid=1395283825799&pagename=EBRD%2FContent%2FDownloadDocument> [Elektronnyi resurs].
- [2] <https://spaq.kz/rus/2018-12-26-10-08-37/stati/28-kazakhstan-razvivaet-vozbno-vlyaemye-istochniki-energii> [Elektronnyi resurs].
- [3] <https://core.ac.uk/download/pdf/25976968.pdf> [Elektronnyi resurs].
- [4] <https://www.electrical4u.com/power-inverter/> [Elektronnyi resurs].
- [5] <https://solar technologies.com/solar-energy-uses-in-your-daily-life/> [Elektronnyi resurs].
- [6] <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/6/1491/pdf> [Elektronnyi resurs].
- [7] <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/21/5792/pdf> [Elektronnyi resurs].
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/Fast\\_Fourier\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform) [Elektronnyi resurs].
- [9] [http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/886/44886/21664?p\\_page=2](http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/886/44886/21664?p_page=2) [Elektronnyi resurs].
- [10] [https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter\\_2.html](https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_2.html) [Elektronnyi resurs].

**S.M. Manat\*, V. V. Yugay**

Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

\*e-mail: manatsymbat20@gmail.com

## POWER QUALITY ANALYSIS STUDY OF SINGLE PHASE INVERTER

**Abstract.** With the increasing integration of the solar energy system into interconnected lines, solar energy systems have a great impact on power quality issues. This study describes the design of single phase inverters that are used to utilize a solar power system and analyze their performance. This article focuses on modeling a single phase inverter. An inverter is a circuit that converts DC power supplies to AC power supplies. The model is implemented using the MATLAB Simulink software with the SimPower System Block Set based on computer simulation. FFT analysis is used to find harmonic distortion using MATLAB Simulink software.

**Keywords:** inverter, power quality, total harmonic distortion, FFT, MATLAB Simulink.

**С.М. Манат\*, В.В. Югай**

Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

\*e-mail: manatsymbat20@gmail.com

## БІР ФАЗАЛЫ ИНВЕРТОРЛАРДЫҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ САПАСЫН ТАЛДАУ

**Андатпа.** Күн энергиясы жүйесінің желілерге қатысты кіріктірілуі артуы салдарынан қазіргі таңда күн энергиясы жүйелері электр энергиясының сапасына айтарлықтай әсер етеді. Бұл зерттеуде күн энергиясы жүйесін пайдалану және олардың сипаттамаларын талдау үшін қолданылатын бір фазалы инвертордың құрастырылуы сипатталады. Мақала бір фазалы инвертор моделін жасауға арналған. Инвертор – бұл тұрақты ток көзінің энергиясын айнымалы токқа түрлендіретін құрылғы болып табылады. Модель компьютерлік модельдеуге негізделген SimPower System Block Set блоктар жиынтығымен MATLAB Simulink бағдаламалық жасақтамасының көмегімен жүзеге асырылды. Коэффициентті табу үшін MATLAB Simulink бағдарламалық жасақтамасындағы Фурье түрлендіруінің талдауы қолданылды.

**Негізгі сөздер:** инвертор, электр энергиясының сапасы, коэффициент, Фурье түрлендіруі, MATLAB Simulink.