

УДК 621.31

В.Л. ШАТЧИЛЕМБЕ,  
магистр группы МЭС-201 (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
Научный руководитель ЧЕРНЫШОВ Н.Н.,  
канд. техн. наук, доцент (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
г. Белгород

### ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Электролиз меди является сложным технологическим процессом, требующим бесперебойное и надежное электроснабжение постоянным током большой плотности длительное время [1]. Для повышения надежности электроснабжения применяются различные технические мероприятия: максимальное приближение источников высокого напряжения 35–330 кВ к электроустановкам потребителей с подстанциями глубокого ввода (ПГВ), резервирование питания для отдельных категорий потребителей, секционирование всех звеньев системы электроснабжения с установкой на них системы автоматического ввода резерва [2].

На рисунке 1 представлена схема электроснабжения первого цеха электролиза меди Медного завода в городе Норильск.

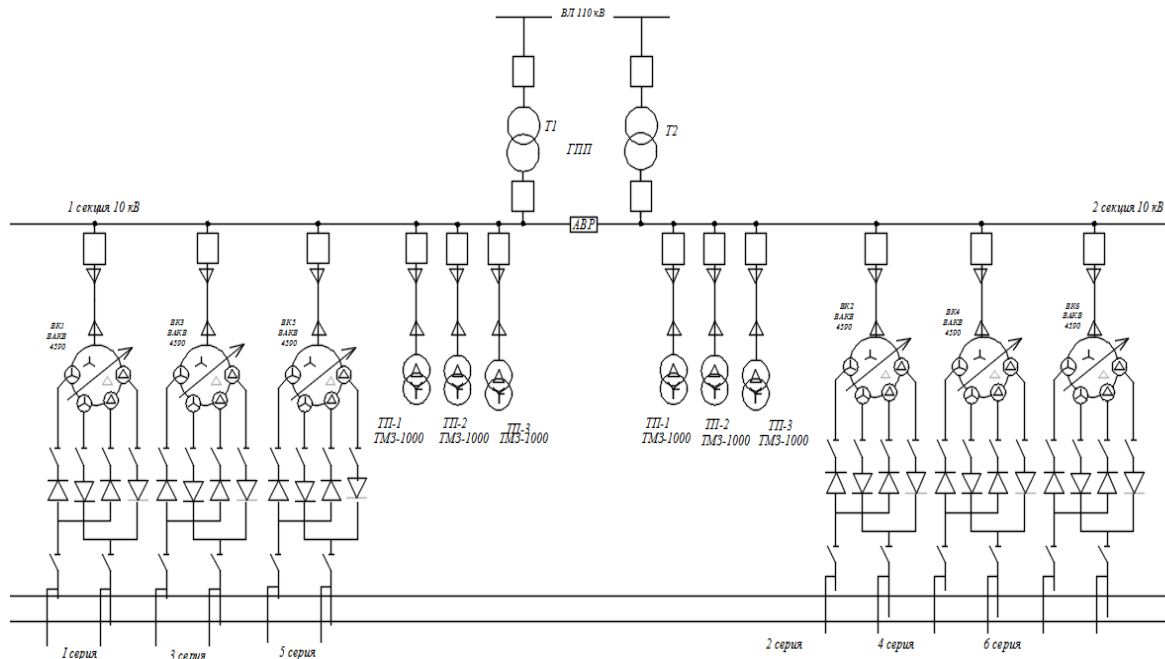


Рис.1. Схема электроснабжение электролизного цеха

В ЦЭМ-1 Медного завода применяются мощные управляемые вентильные выпрямители для получения постоянного тока требуемой плотности. Но при всей своей эффективности вентильные преобразователи являются одной из главных причин ухудшения качества электроэнергии в питающей сети, так как их использование вызывает несинусоидальность тока и напряжения [3]. Если качества электроэнергии не соответствует требуемым характеристикам, выпрямители автоматически выключаются, вызывая внезапную остановку технологического процесса электролиза, а также сбои в питании двигателей и, следовательно, полная остановка завода, что недопустимо.

На рисунке 2 представлена схема двенадцатифазного выпрямителя.

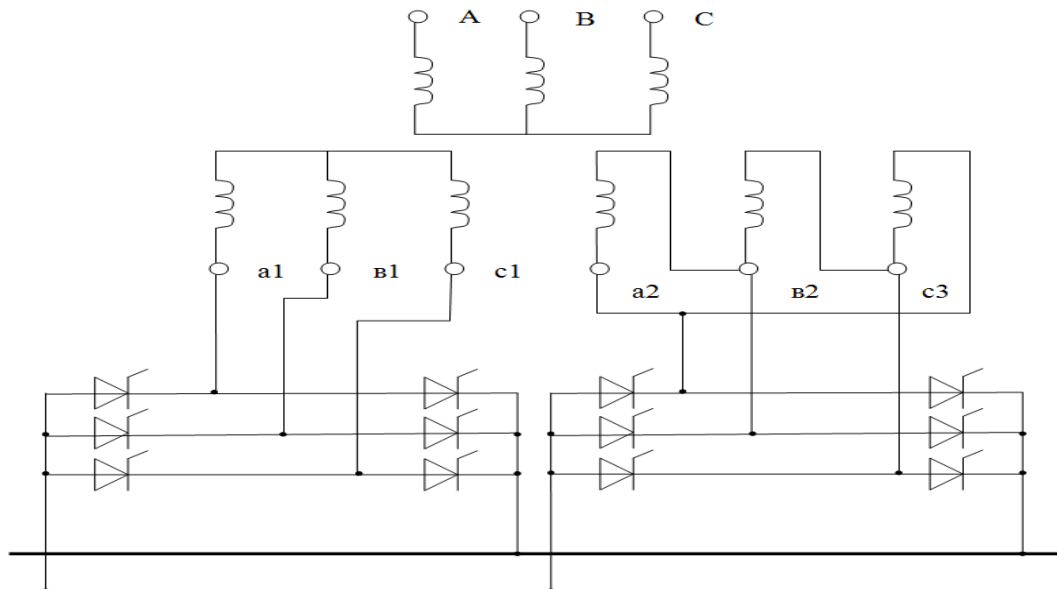


Рис.2. Электрическая схема двенадцатифазного выпрямителя

Искажения напряжения являются следствием коммутации вентильных преобразователей [4]. Преобразователь во время коммутации вентилей производит подключение нагрузки к соответствующей фазе без разрыва тока, поступающего из предыдущей фазы, что приводит к периодическим межфазным коротким замыканиям в питающей сети. Эти коммутационные короткие замыкания отличаются от аварийных только небольшой длительностью времени протекания, т.е. они длятся до тех пор, пока фазный ток не спадёт до нуля. В процессе коммутации появляются коммутационные искажения кривой напряжения, форма, величина и количество которых зависят от схемы выпрямления, количества фаз выпрямления, мощности преобразователей, параметров питающей сети, угла преобразователей.

Гармонический анализ системы электроснабжения с такими выпрямителями позволяет выявить наличие высших гармоник напряжения. Порядок высших гармоник определяется формулой:

$$v = m \cdot k \pm 1, \quad (1)$$

где  $m$  – число фаз выпрямителя;  $K=1.2.3$  – последовательный ряд натуральных чисел.

Для двенадцатифазной системы напряжения в кривой питающего напряжения имеются высшие гармоники следующего порядка, называемые каноническими:  $v=11,13,23,25,35,37$ .

Для точной оценки качества электрической энергии системы электроснабжения цеха электролиза меди при различных режимах работы построена имитационная модель фрагмента узла нагрузки в программном пакете Matlab Simulink (см. рис.3).

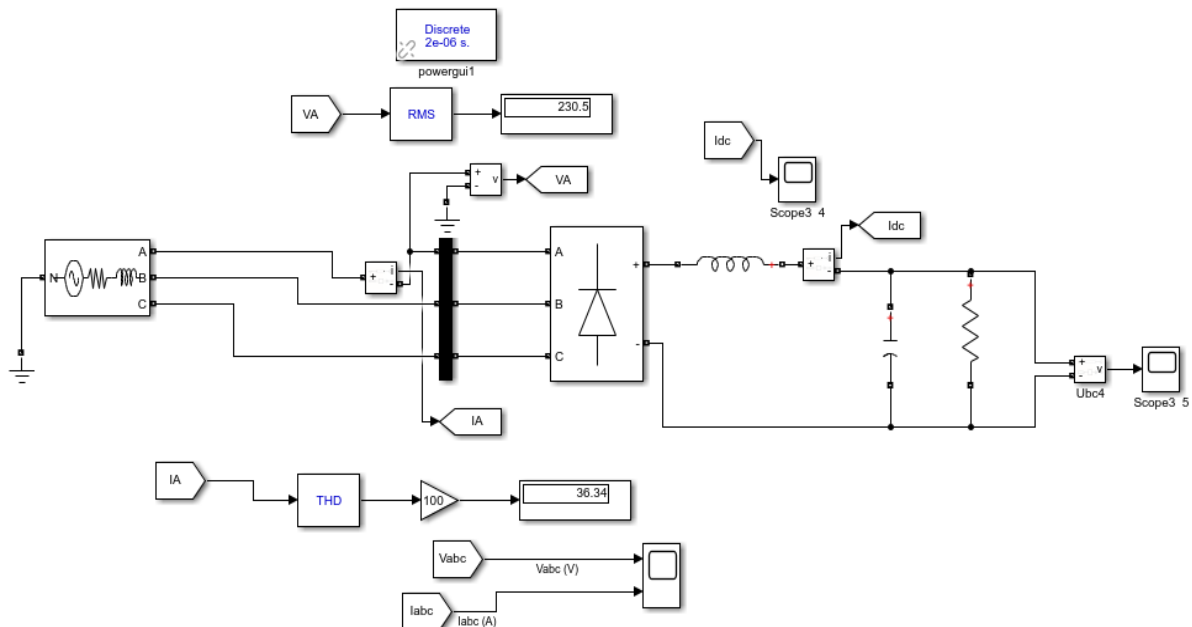
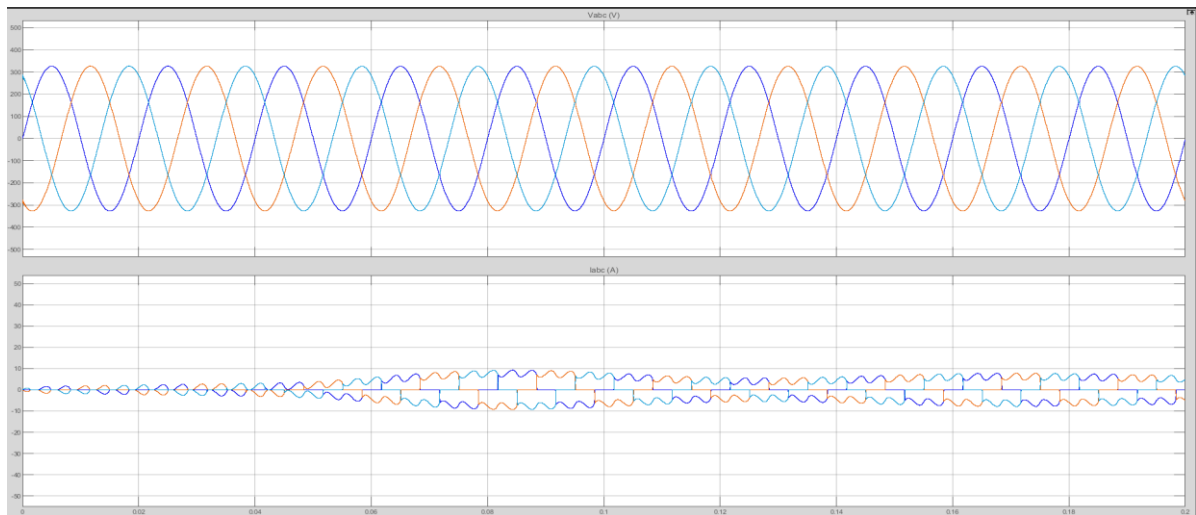


Рис.3. Виртуальная модель узла нагрузки

Модель состоит из следующих основных блоков: источник переменного напряжения AC Voltage Source; линия связи с распределенными параметрами; тиристорный преобразователь Universal Bridge; Для измерения токов и напряжений установлены блоки Current Measurement и Voltage Measurement. Для оценки гармонического состава питающего напряжения используется анализатор гармоник из пакета расширения Signal Processing Toolbox с помощью блока To Workspace.

Результаты измерения напряжения и тока в электрической сети перед выпрямителем показаны на рисунке 4.



**Рис.4. Результаты моделирования напряжения и тока**

Как следует из осциллограмм тока и напряжения, в электрической сети цеха электролиза присутствуют заметные гармонические искажения тока в сети, возникающие вследствие использования тиристорного выпрямителя. Однако для точной оценки гармонических искажений напряжения требуется дополнить имитационную модель подробной моделью системы электроснабжения.

**Список литературы:**

1. Ключев Р. В. Системная концепция анализа электропотребления на предприятиях цветной металлургии //Технические науки – от теории к практике. – 2013. – №23. – С.53-58.
2. Надёжность и качество электроснабжения предприятий : учебное пособие / Д. С. Александров, Е. Ф. Щербаков.– Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 155 с.
3. Вагин, Г.Я. К вопросу о нормировании несинусоидальности напряжения и ущерба от высших гармоник / Г.Я. Вагин, С.Н. Юртаев // Промышленная энергетика. – 2017. – № 1. – С. 43–47.
4. Анализ показателей качества электроэнергии в системе промышленного электроснабжения с мощными тиристорными электроприводами / А.С. Карандаев, Г.П. Корнилов, Т.Р. Храмшин и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2006. – №3. – С. 6–11.

**Информация об авторах:**

Шатчиленбе Винансию Лиамбези, магистр группы МЭС-201, БГТУ им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46,  
venancioSatchilembe@mail.ru

Чернышов Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент, БГТУ им. В.Г. Шухова, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46,  
nc.chernyshov@gmail.com