

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.

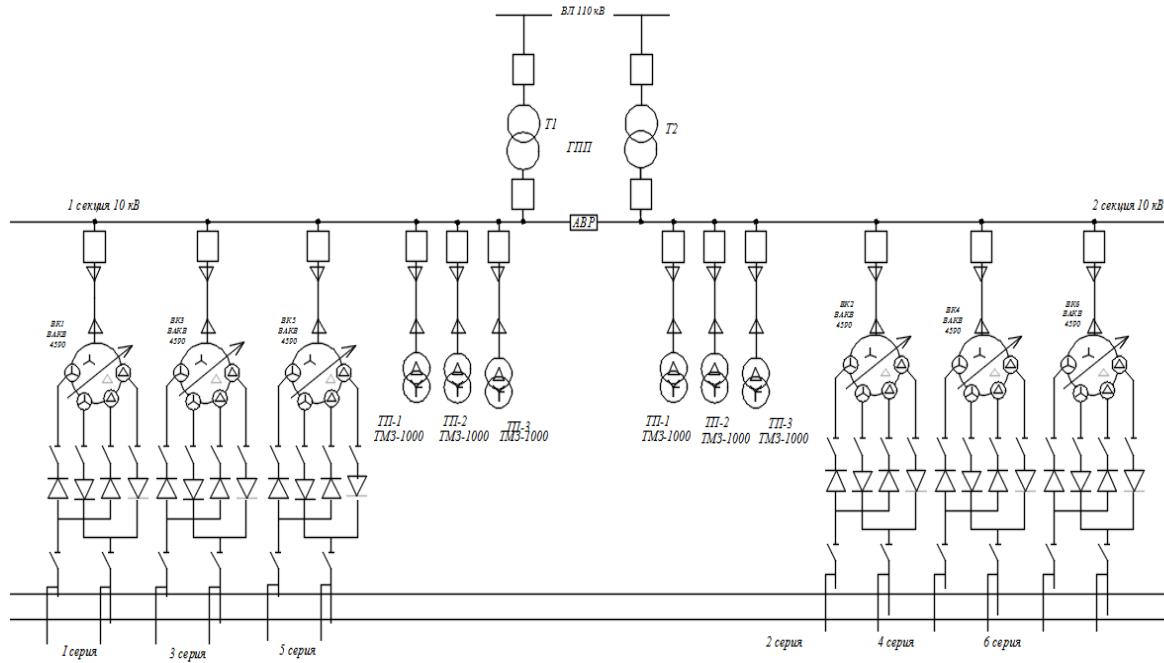


Рис.1. Схема электроснабжения электролизного цеха

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.

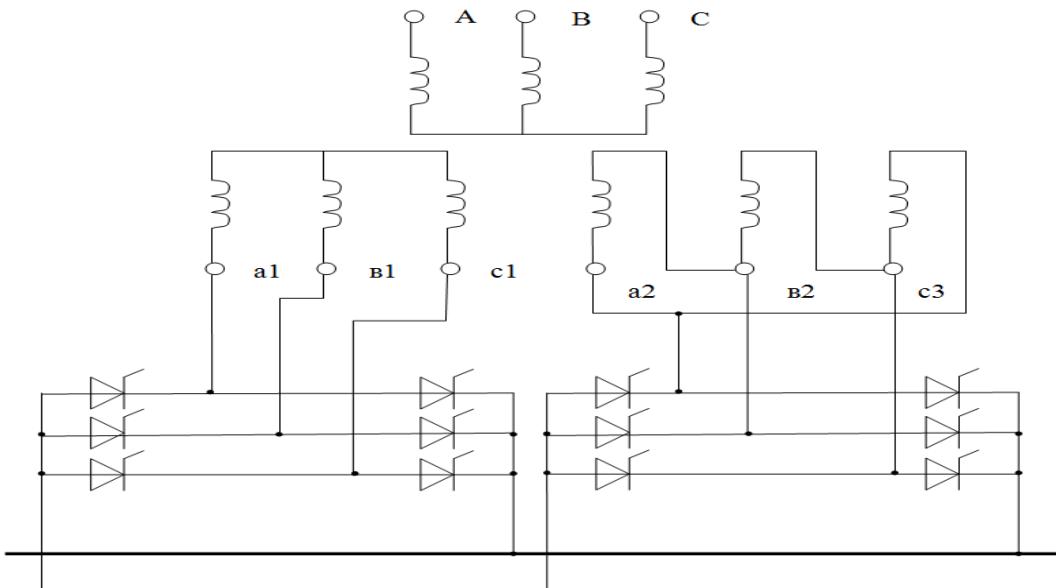


Рис.2. Электрическая схема двенадцатифазного выпрямителя

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 делятся 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).

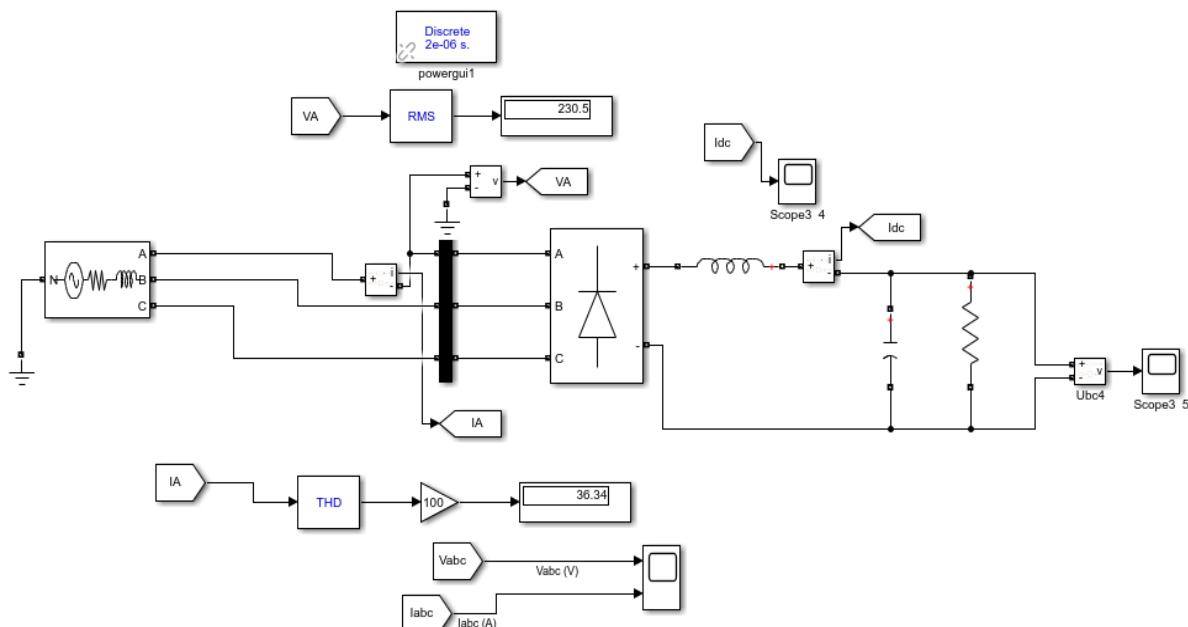


Рис.3. Виртуальная модель узла нагрузки

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.

**IV Всероссийская молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
18-20 ноября 2021 года**

237-4

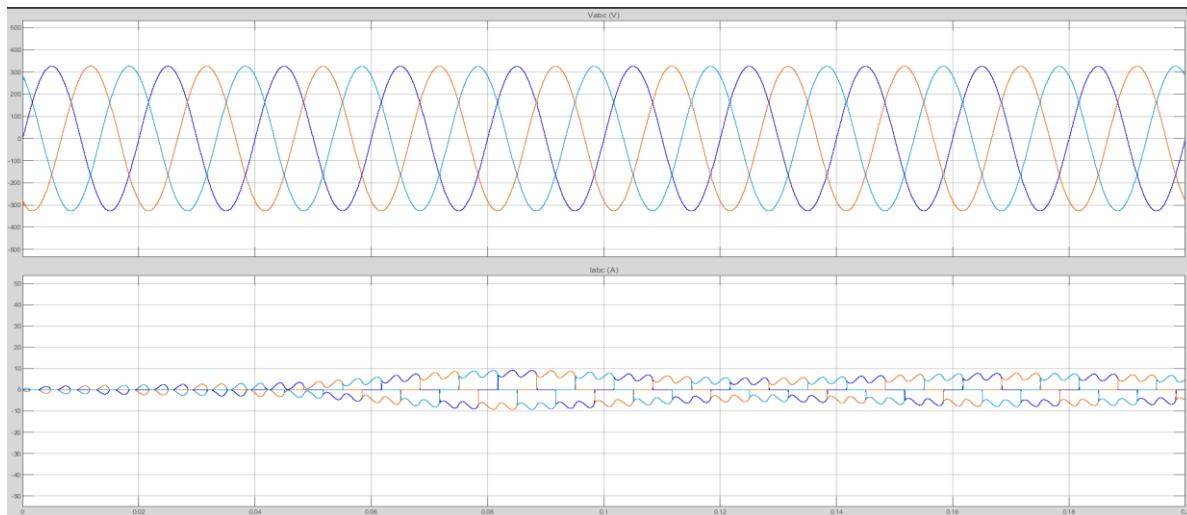


Рис.4. Результаты моделирования напряжения и тока

Как следует из осцилограмм 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. Клюев 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:

Шатчилембе 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