

УДК 621.316

*к.т.н. Баракин А.Г.,
к.т.н. Квашина О.В.
(АПБ им. Героев Чернобыля, Украина)*

СИСТЕМА ФАЗОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯ КОЛОННЫ СИНТЕЗА АММИАКА

В роботі проведено аналіз можливих аварійних режимів електронагрівача колони синтезу аміаку. Запропоновано метод регулювання живлення електронагрівача, що виключає аварійні режими.

Ключові слова: *аміак, перетворювач, електронагрівач, безпека.*

В работе проведен анализ возможных аварийных режимов электронагревателей, колонны синтеза аммиака. Предложен метод регулирования электропитания электронагревателя, позволяющий исключить аварийные режимы.

Ключевые слова: *аммиак, преобразователь, электронагреватель, безопасность.*

В настоящее время при эксплуатации электронагревателя колонны синтеза аммиака при остановке технологического процесса и повторном включении электронагревателя сопротивление изоляции между нагревательными элементами, а так же между нагревательными элементами и корпусом колонны резко уменьшается вследствие повышения влажности катализатора и других процессов, происходящих внутри колонны. Величина сопротивления изоляции, вместо предусмотренных по техническим условиям 200кОм, уменьшается в десятки тысяч раз до величин десятков, а иногда и единиц Ом.

Включение электронагревателя на полное напряжение при пониженном сопротивлении изоляции приводит к аварийному режиму и выходу электронагревателя из строя. В этом случае электронагреватель демонтируется и производится его капитальный ремонт, что ведет к простоею технологического оборудования и значительным потерям материальных ресурсов на восстановление электронагревателя. В некоторых случаях электронагреватель полностью разрушается и необходима его замена. Единственным решением этой проблемы является постепенное повышение напряжения питания электронагревателя, что приво-

дит к постепенному прогреву, уменьшению влажности в колонне и повышению сопротивления изоляции.

Вопросы фазового регулирования напряжения в системе рассматриваются в работах [1–6]. В работе [8] показана невозможность реализации безопасного технологического процесса производства аммиака при отсутствии регулирования величины напряжения источника питания электронагревателя колонны синтеза аммиака.

Таким образом, реализация безаварийного пуска колонны синтеза аммиака при пониженном сопротивлении изоляции, в случае возрастания влажности катализатора в середине колонны, является актуальной задачей.

Анализ технологических условий производства аммиака показал, что установка регулятора напряжения на вторичной стороне силового трансформатора не представляется возможной. Это обусловлено тем, что силовой трансформатор размещен на колонне синтеза аммиака, кроме того ток нагрузки трансформатора составляет 1800 А. Обеспечить работу тиристорного регулятора напряжения (ТРН) в химически агрессивной среде, в широком диапазоне изменения температуры и влажности очень сложно [7]. Предлагаемая схема питания электронагревателя представлена на рисунке 1.

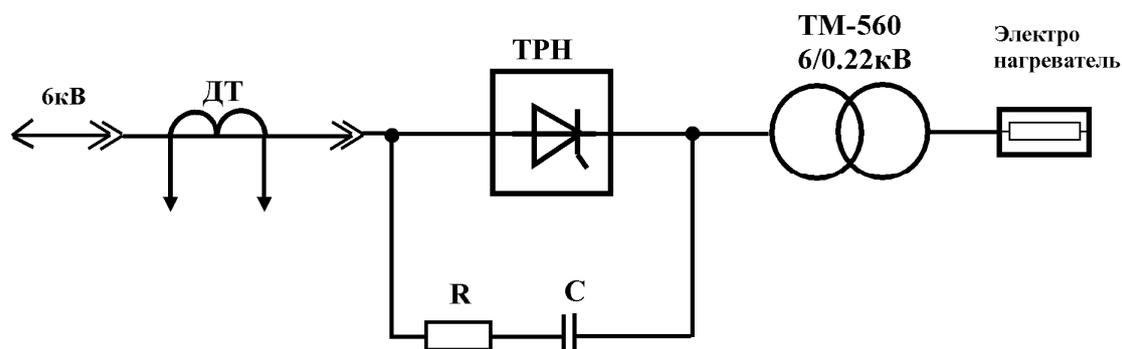


Рисунок 1 – Схема питания электронагревателя

При установке ТРН на первичной стороне трансформатора снимается проблема защиты окружающей среды, однако возникает проблема регулирования высоковольтного напряжения [8]. В переходном процессе изменение магнитной индукции, вызванное ростом тока, после включения тиристора с произвольным углом управления, может превышать максимально допустимое значение магнитной индукции для стали трансформатора. Это вызывает насыщение стали трансформатора, при этом скачок тока намагничивания может в сотни раз превышать его номинальные значения и в десятки раз номинальный ток трансформатора.

Эти скачки тока недопустимы, поскольку ухудшают энергетические показатели, требуют повышения уставок в системе защиты и могут привести к выходу их строя тиристоров. Для уменьшения скачков тока намагничивания необходимо изменять угол включения тиристоров α плавно, без скачков в диапазоне от 0 до π за несколько секунд.

Второй серьезной проблемой является несимметрия формирования импульсов управления при фазовом методе регулирования. За счет несимметрии управляющих импульсов, либо в переходных режимах, возможно появление в первичном токе постоянной составляющей. Это приводит к насыщению стали трансформатора, при этом первичный ток в 6-8 раз превышает номинальный. Таким образом, условием нормальной работы при фазовом регулировании на первичной стороне трансформатора является отсутствие постоянных составляющих в первичном токе.

Функциональная схема системы управления тиристорного регулятора переменного напряжения с фазовым регулированием представлена на рисунке 2.

На функциональной схеме приняты такие обозначения: v_1-v_6 – импульсы управления; k_1-k_6 – сигналы контроля; f_1 – сигнал нарушения изоляции; f_2 – сигнал пробоя тиристора; f_3 – сигнал отсутствия охлаждения; f_4 – сигнал превышения напряжения; f_5 – защита по току; z_1, z_2 – сигналы блокировки импульсов управления в аварийных режимах; u_1, u_2 – напряжения питания; u_c – силовое напряжение; u_n – напряжение на нагрузке; u_d – сигнал, пропорциональный постоянной составляющей в выходном напряжении; Дн – датчик напряжения; В – выпрямитель.

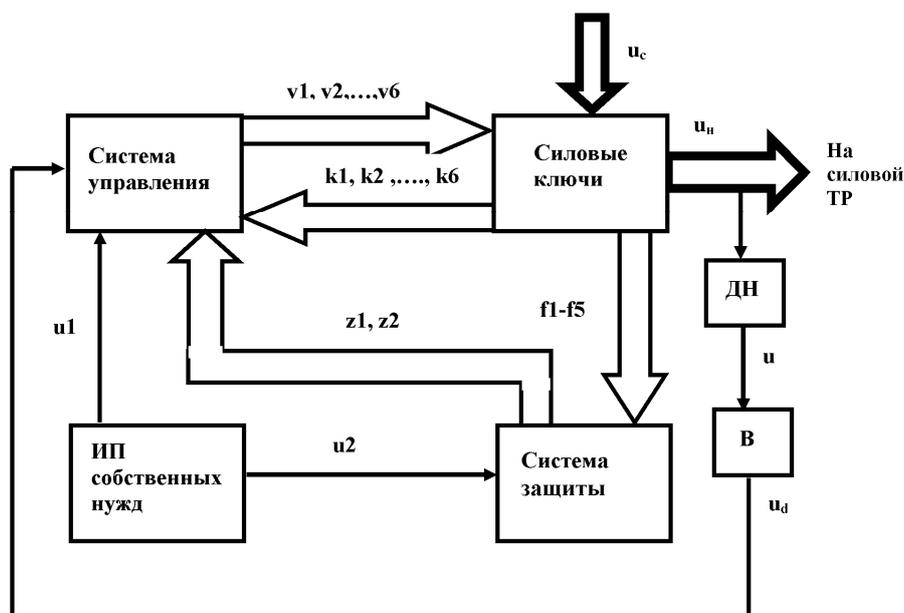


Рисунок 2 – Функциональная схема системы управления ТРН

Характер зависимости действующего напряжения на нагрузке (U_n) от угла управления тиристора (α) в относительных единицах при чисто активной нагрузке имеет вид [8]:

$$U_n/U = \sqrt{(1/\pi)/(\pi - \alpha + (\sin 2\alpha)/2)}, \quad (1)$$

где U – действующее значение переменного напряжения на входе, В;

α – фазовый угол включения тиристора, эл. град.

Регулировочная характеристика в соответствии с (1), представлена на рисунке 3.

Для линейризации регулировочной характеристики ТРН на входе системы импульсно-фазового управления устанавливается линейризирующее звено, имеющее передаточную функцию обратную регулировочной характеристике.

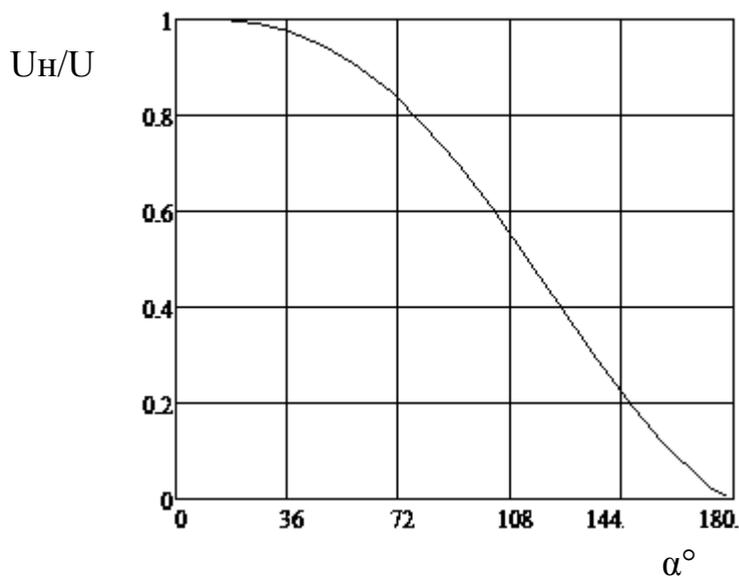


Рисунок 3 – Регулировочная характеристика ТРН

Регулирование выходного напряжения происходит с постоянным контролем величины постоянной составляющей в выходном напряжении, для этого система управления имеет отрицательную обратную связь по величине постоянной составляющей. В соответствии с величиной выходного тока и выходного напряжения контролируется величина сопротивления изоляции фаз электронагревателя. Ток в нагрузке, даже при понижении сопротивления изоляции, не может превысить

номинальное значение. За счет этого невозможен выход из строя электронагревателя и тиристорного регулятора переменного напряжения.

Таким образом, в работе предложены технические решения, которые обеспечивают безаварийный пуск технологического процесса колонны синтеза аммиака даже при снижении сопротивления изоляции при повышенной влажности катализатора в середине колонны. Получена аналитическая зависимость выходного напряжения преобразователя от сигнала управления, линеаризована регулировочная характеристика ТРПН. Получена аналитическая зависимость коэффициента мощности ТРПН от величины выходного напряжения, что позволяет контролировать энергетические показатели энергопотребления электрооборудования колонны синтеза аммиака.

Библиографический список

1. Рамма Рейди. Основы силовой электроники / Рамма Рейди. - М.: Техносфера, 2009. – 254 с.
2. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники / Г.С. Зиновьев. - М.: Академия, 2004. – 272 с.
3. Арнополин А.Г. Взрывозащищенное электрооборудование /А.Г. Арнополин, Н.Ф. Шевченко. - М.: Энергия, 1973. – 324 с.
4. Бойков Н.А. Основы взрывозащищенности электрооборудования / Н.А. Бойков, Ф.И. Шевченко, М.В. Хорунжий. - М.: Энергия, 1982. - 300 с.
5. Бройман Н.И. Инженерные решения по технике безопасности в пожаро- и взрывоопасных производствах / Н.И. Бройман. - М.: Химия, 1974. – 324 с.
6. Бруфман С.С. Тиристорные переключатели переменного тока / С.С. Бруфман, Н.А. Трофимов. - М.: Энергия, 1969. - 64 с.
7. Гельман П.В. Тиристорные регуляторы переменного напряжения / П.В. Гельман, С.П. Лохов. - М.: Энергия, 1975. - 105 с.
8. Отчет по НИР «Повышение безопасности производства аммиака», гос. регистр. №0109U008348. Киев, 2010. — 150с.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. Паэрандом Ю.Э.