

Рис. 4.

Учитывая выше изложенное (расчет коэффициента готовности K_T и анализ приведенных схем), а также, что потребители Aziprod являются особо ответственными можно рекомендовать к применению схему электростанции с двумя сборными шинами.

Список литературы:

- [1] Рябинин И.А., Киреев Ю.Н. «Надежность судовых электроэнергетических систем и судового электрооборудования». Изд. «Судостроение» Ленинград, 1974 г.
- [2] Труды конгресса «Великие реки» 2012 г., том 2.

В.Г. Сугаков, Ю.С. Малышев, А.А. Тоцев
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ЦИФРОВОЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ

В настоящее время на судовых электрических станциях отечественного и зарубежного производства устанавливаются средства автоматического регулирования напряжения, конструкция и схемные решения которых весьма разнообразны. В схемах регулирования напряжения подавляющего большинства электроагрегатов используются электромагнитные и полупроводниковые дискретные элементы. Однако существующие требования к качеству электроэнергии по отдельным показателям не соответствуют запросам потребителей. Например, норма качества электрической энергии потребителей по длительности переходного процесса восстановления напряжения, составляющая 0,1 с не обеспечивается ни одной из подобных систем. Кроме того, возможности существующих систем, соответствуя требованиям потребителей, далеки от лучших мировых образцов. Поэтому указанное соответствие обеспечивается не столько качеством регулирования напряжения, сколько заниженными требованиями потребителей, которые вынуждены компенсировать несовершенство систем автоматического регулирования напряжения (САРН) источников индивидуальными стабилизаторами, удорожающими электроснабжение потребителя.

Существующие регуляторы напряжения имеют ряд недостатков. Так, например, импульсные регуляторы напряжения имеют невысокую температурную стойкость из-за использования полупроводниковых транзисторов и сложность подрегулировки, для чего требуется подпайка дополнительных резисторов.

Существуют системы регулирования напряжения синхронных генераторов, содержащие элементы компаундирования (резисторы, автотрансформаторы, суммирующие трансформаторы) [1]. Недостатком этих систем является невысокая точность, так как они производят регулирование по главному возмущающему фактору, не учитывая остальные возмущения. Известны комбинированные системы регулирования напряжения синхронного генератора, содержащие суммирующий трансформатор,

осуществляющий фазовое компаундирование и корректор напряжения, осуществляющий управление компаундированием [2]. Их недостатком является не высокая форсировочная способность и как следствие невозможность пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором соизмеримых по мощности с генератором.

Одновременно с развитием САРН на электромагнитных и дискретных полупроводниковых элементах проявляется тенденция к использованию цифровых технологий регулирования с применением интегральных микросхем. Они способны обеспечить одновременно высокое быстродействие и точность регулирования при минимальных массогабаритных показателях.

В источниках переменного тока малой мощности, генераторы которых используют питание цепей возбуждения от дополнительной обмотки, возможно использование цифрового регулятора напряжения (РН), реализующего принцип регулирования по отклонению напряжения с регулированием со стороны индуктора по постоянному току (рис. 1).

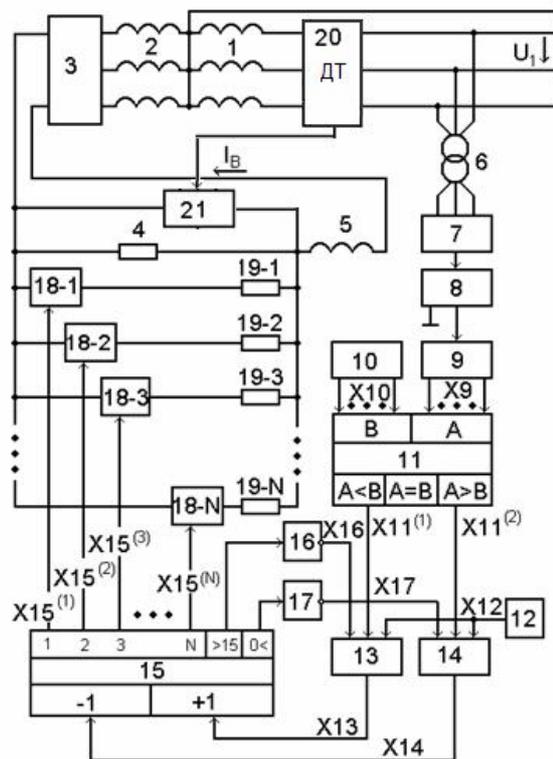


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема цифрового регулятора напряжения: 1 и 2 – основная и дополнительная обмотки якоря; 3, 7 – выпрямители; 4 и 19-1...19-N ограничительный и регулирующие резисторы; 5 – обмотка возбуждения; 6 – измерительный трансформатор; 8 – фильтр; 9 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 10 – задающий регистр; 11 – числовой компаратор; 12 – генератор импульсов; 13, 14 – логические элементы И; 15 – реверсивный счетчик; 16, 17 – логические элементы НЕ; 18-1...18-N электронные ключи; 20 – датчик приращения тока; 21 – электронный ключ

До возбуждения генератора напряжение на обмотке 1 равно остаточному напряжению, и код X9 (рис. 2) на выходе АЦП 9 близок к нулевому. Поэтому появляется сигнал X11⁽¹⁾ на первом выходе компаратора 11, который подготавливает по второму входу элемент И 13. Он открывается, и импульсы X13 с выхода генератора 12 посту-

пают на суммирующий вход счетчика 15. Код X15 на его выходе возрастает и достигает единичного кода. При этом открываются все ключи 18.

Эквивалентное сопротивление резистора 4 и параллельно включенных с ним резисторов 19-1...19-N становится минимальным, что обеспечит достаточный для возбуждения ток в обмотке возбуждения 5. Одновременно с выхода переполюсовки реверсивного счетчика 15 поступает сигнал на элемент НЕ 16, на выходе которого пропадает высокий уровень X16, закрывая логический элемент И 13 по первому входу. Схема приводится в исходное состояние.

Сопротивление резисторов 19 подбираются с учетом выражения:

$$R_{19}^{(i)} = R_{19}^{(1)} \cdot 2^{1-i}, \quad \text{Ом.}$$

где: $R_{19}^{(i)}$ – сопротивление i -того резистора 19, Ом;

$R_{19}^{(1)}$ – сопротивление первого резистора 19, Ом;

i – номер резистора 19.

Уровень регулирования напряжения устанавливается кодом X10 на выходе регистра 10, который вычисляется по формуле:

$$X_{10} = U_{НОМ} / (U_{\Pi}^{(9)} \cdot K^{(6)} \cdot K^{(8)}),$$

где: X_{10} – число, соответствующее коду X10 на выходе регистра 10;

$U_{НОМ}$ – номинальное или другое заданное напряжение, В;

$U_{\Pi}^{(9)}$ – шаг квантования АЦП 9, В;

$K^{(6)}$ – коэффициент трансформации измерительного трансформатора 6;

$K^{(8)}$ – коэффициент передачи по напряжению выпрямителя 8.

После возбуждения генератора на обмотке 1 якоря генератора появляется напряжение. Так как включены все сопротивления 19-1...19-N, ток возбуждения имеет величину большую величины тока холостого хода. В результате этого напряжение U_l на выходе генератора становится больше заданного. Через измерительный трансформатор 6, выпрямитель 7 и фильтр 8 напряжение поступает на вход АЦП 9. Код X9 с выхода АЦП 9 поступает на вход числового компаратора 11, и, так как этот код больше, чем код X10 задающего регистра 10, с компаратора 11 поступает сигнал X11⁽²⁾ на второй вход элемента И14. Он открывается, и на вычитающий вход счетчика 15 поступают импульсы X14 с выхода генератора 12. Код X15 на выходе счетчика 15 уменьшается, и закрывается часть электронных ключей ей 18-1...18-N. В результате увеличивается эквивалентное сопротивление резистора 4 и резисторов 19. Это происходит до тех пор, пока в обмотке возбуждения 5 не установится ток возбуждения, соответствующий номинальному напряжению на выходе генератора. В этом случае код X9 на выходе АЦП 9 будет равен коду X10 на

выходе регистра 10. Сигналы на выходах компаратора 11 отсутствуют. Импульсы на входы счетчика 15 не поступают. На выходе счетчика остается управляющий код, обеспечивающий заданное напряжение.

При включении нагрузки, за счет реакции якоря, напряжение на выходе генератора падает. Код X10 задающего регистра 10 становится больше кода X9 на выходе АЦП 9. С выхода компаратора 11 поступает сигнал X11⁽¹⁾ на второй вход логического элемента И 13, который открывается по первому входу после поступления импульсов на вычитающий вход реверсивного счетчика 15. С выхода логического элемента И 13 поступают импульсы X13 на суммирующий вход счетчика 15, формируется новый управляющий код X15. В соответствии с этим кодом открываются соответствующие ключи 18. Эквивалентное сопротивление в цепи возбуждения уменьшается, а ток возбуждения становится больше. Увеличивается напряжение на зажимах генератора.

Когда коды на входах компаратора 11 станут равными, то есть когда напряжение на выходе генератора достигнет заданного уровня, сигнал $X_{11}^{(1)}$ на первом выходе компаратора 10 исчезнет, и элемент И 13 закроется по второму входу. На выходе счетчика останемся управляющий код, обеспечивающий заданный режим.

При сбросе части нагрузки или всей нагрузки напряжение на выходе генератора повышается и становится больше заданного. При этом код X_9 на первом входе числового компаратора 11 возрастает и становится больше кода X_{10} на его втором входе. В результате появляется сигнал на втором выходе числового компаратора, и элемент И 14 открывается по второму входу. Импульсы X_{14} с выхода генератора импульсов 12 начинают поступать на вычитающий вход счетчика 15. Управляющий код X_{15} на выходе счетчика уменьшается, что приводит к уменьшению тока возбуждения и понижению величины напряжения на выходе генератора.

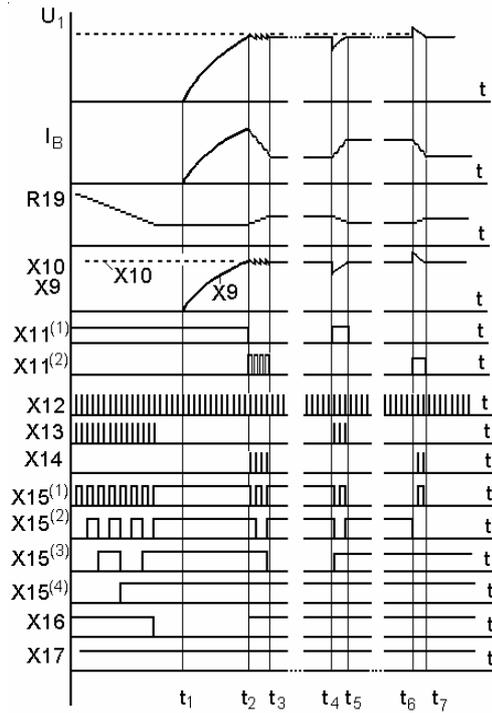


Рис. 2. Эпюры сигналов на элементах схемы цифрового регулятора напряжения

Когда коды на первом и втором входах компаратора станут равными, логический элемент И 14 закроется по второму входу.

В случае появления запредельной нагрузки, открывается ключ 21 и шунтирует блок резисторов 19. При этом сопротивление цепи возбуждения уменьшается, ток возбуждения возрастает, стремясь компенсировать действие реакции якоря.

Датчик приращения тока 20 и электронный ключ 21 выполняют функции внутренней форсировки, ограничивающей величину тока параметрами цепи возбуждения и дополнительной обмотки якоря [3]. Одним из преимуществ использования внутренней форсировки является увеличение быстродействия схемы и точность, снижающая возможность перерегулирования. Так же использование внутренней форсировки позволяет предложенной схеме цифрового регулятора напряжения быстрее реагировать на возмущающие воздействия по приращению тока при резких набросах и сбросах нагрузки.

Таким образом, рассмотренное устройство обеспечивает точное задание величины напряжения на выходе генератора и стабилизацию его в процессе работы электростанции. Точность задания и поддержания заданного напряжения определяется разрядностью АЦП, задающего регистра и счетчика. При $N = 8$ погрешность составляет менее 0,004, а при $N = 10$ менее 0,001, а цепь внутренней форсировки обеспечивает уменьшение величины провалов напряжения и увеличение быстродействия.

Список литературы:

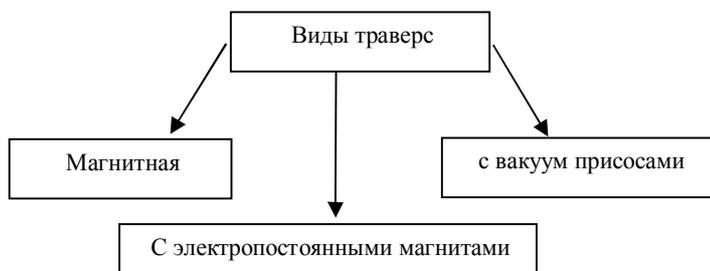
- [1] Сугаков В.Г., Хватов О.С. Основы автоматического регулирования выходных электрических параметров Часть 2. Автоматическое регулирование напряжения автономных источников электрической энергии. Учебное пособие для вузов. – Кстово: НВВИКУ (ВУ), 2007, с. 44–52.
- [2] Сугаков В.Г., Хватов О.С. «Системы автоматического регулирования параметров электрической энергии судовых электростанций. Часть 2. Автоматическое регулирование напряжения судовых источников электрической энергии: Учеб. пособие для студентов очной и заочной формы обучения специальности 180404/ В.Г. Сугаков, О.С. Хватов; – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 202 с.
- [3] Патент на изобретение №2470454 от 20.12.2012 по заявке № 2010149367/07(071322) от 02.12.2010. Система возбуждения синхронного генератора / В.Г. Сугаков, О.С. Хватов, В.С. Волошко, Ю.С. Малышев– М.: Роспатент, 2011.

ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

И.В. Сычушкин

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОСТОВОГО КРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ТРАВЕРСЫ НА ОАО «ЗАВОД «КРАСНОЕ СОРМОВО»

При модернизации электромостового крана возникла необходимость в выборе новой электромагнитной траверсы. Были рассмотрены несколько возможных вариантов.



1. Траверса магнитная предназначена для поднятия и перемещения, длинномерных ферромагнитных грузов. Как правило, траверса подвешивается за крюк или в случаи использования траверсы специальным магнитным краном траверса подвешивается через систему блоков непосредственно к грузоподъемному механизму такая траверса является несъемной. Такая траверса не может применяться при отрицательной температуре и потребляет значительное количество электроэнергии.

2. Траверса с вакуум присосами предназначена для выполнения подъемно-транспортных операций с листовым прокатом. Система подвески траверсы – канатная. Управление траверсой осуществляется из кабины крана. Размеры понимаемых и транспортируемых листов: длина до 10м; ширина 1400 до 3000 мм, толщина различ-