

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОКОМПЕНСАТОРА ЕМКОСТИ СЕТИ УЧАСТКА ШАХТЫ НА ОСНОВЕ КОНВЕРТОРА ОТРИЦАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Дубинин М.С., Маренич К.Н., канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный технический университет

В настоящее время внедряется новое электрооборудование для управления асинхронными электродвигателями. Это оборудование содержит аппаратуру частотного регулирования на основе ШИМ. При применении преобразователя частоты образуется комбинированная сеть, включающая в себя: сеть с промышленной частотой 50Гц, сеть с постоянным током и сети с изменяющейся частотой в широком диапазоне. В комбинированных и распределительных сетях участка шахты, в настоящее время, применяются новые шестижильные кабели типа КГЭБУШВ 3*50+3*35. они обладают значительно большей емкостью фазы относительно земли, чем, например, КГЭШ 3*50. С другой стороны в ряде исследований, например в [1], утверждается, что емкостные токи утечки на землю в комбинированных сетях существенно ухудшают условия электробезопасности за счет высокочастотных составляющих емкостных токов утечки.

Данная работа посвящена экспериментальным исследованиям автокомпенсатора емкостных токов утечки на землю на основе конвертора отрицательного сопротивления (КОС) в комбинированных сетях для оценки эффективности его работы.

Для исследований использовалась лаборатория кафедры «Горная электротехника и автоматика им. Р.М.Лейбова». В лаборатории установлен частотный преобразователь фирмы Danfoss мощностью 15 кВт.

Автокомпенсатор содержит следующие основные узлы (рис.1): *ФП* – фильтр присоединения к фазам электрической сети; *ВК* – высоковольтный каскад; *КОС* – конвертор отрицательного сопротивления; *ДУ* – дифференциальный усилитель; цепь положительной обратной связи *ПОС*; *Rn* – регулятор коэффициента усиления *ДУ*; *ИП1*, *ИП2* – источники питания устройства.

Фильтр присоединения *ФП* предназначен для присоединения устройства к искусственной нейтрали сети, образованной тремя конденсаторами. Дифференциальный усилитель *ДУ* совместно с

цепью *ПОС* и регулятором коэффициента усиления *R_n* представляет собой конвертор отрицательного сопротивления, инвертирующего знак комплексного сопротивления цепи *ОС* с масштабом, заданным потенциометром *R_n*. Высоковольтный каскад *ВК* предназначен для масштабного преобразования выходного напряжения *ДУ* в уровень напряжения, соответствующий сетевому (380В, 660В или 1140В).

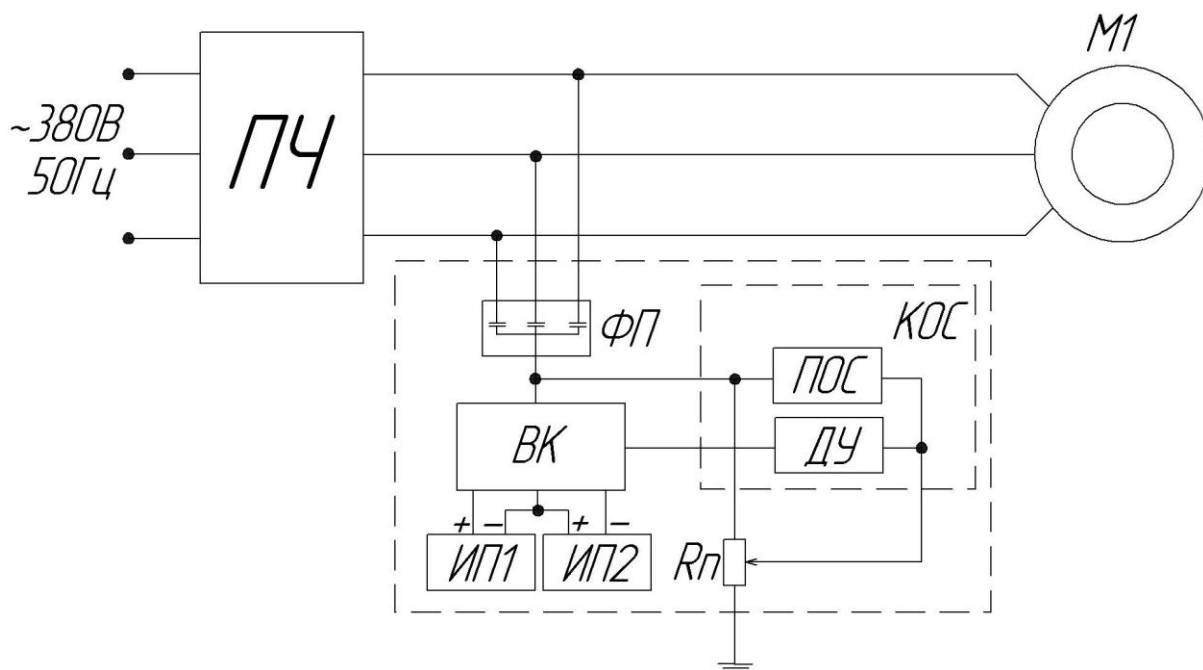


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства автокомпенсации емкостных составляющих токов утечки в отходящем от ПЧ присоединении

Приемлемой структурой автокомпенсатора, является двухполюсник, обладающий емкостной проводимостью, взятой с обратным знаком. Это требование выполняется при использовании в качестве цепи *ПОС* конденсатора. В этом случае проводимость устройства вычитается из эквивалентной емкостной проводимости сети относительно земли, уменьшая ее и, соответственно емкостную составляющую тока утечки на землю.

Принципиальная схема конвертора отрицательного сопротивления *КОС*, адаптированная к условиям эксплуатации в составе автокомпенсатора емкостных токов утечки на землю в комбинированном электротехническом комплексе, представлена на рис.2 [2].

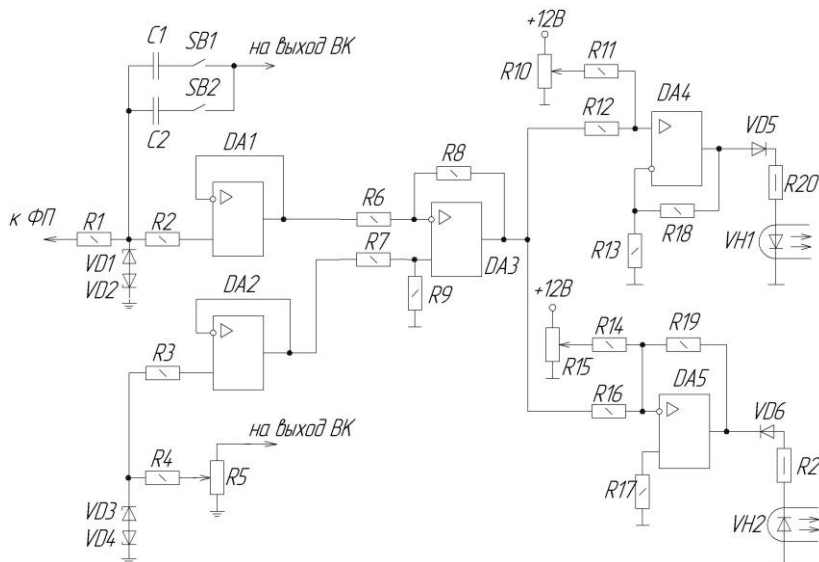


Рисунок 2 – Принципиальная схема конвертора отрицательного сопротивления

Схема состоит из буферных каскадов, выполненных на операционных усилителях $DA1$ и $DA2$ соответственно образующих неинвертирующий и инвертирующий вход дифференциального усилителя $ДУ$. Супрессоры $VD1-VD3$ предназначены для защиты этих входов от перегрузки по напряжению. Операционный усилитель $DA3$ обеспечивает необходимый коэффициент усиления сквозного канала $ДУ$. Операционные усилители $DA4$ и $DA5$ обеспечивают необходимое постоянное смещение рабочих токов оптронов $VH1$ и $VH2$ для линейризации их характеристик. Оптроны $VH1$ и $VH2$ предназначены для гальванической развязки высоковольтных выходных транзисторов $VT1$ и $VT2$ (рис.3) от низковольтного выхода $ДУ$ и задания начального тока смещения этих транзисторов.

Согласование функционирования КОС с параметрами силовой сети может быть достигнуто на основе применения высоковольтного каскада. Его принципиальная схема приведена на рис.4.3.

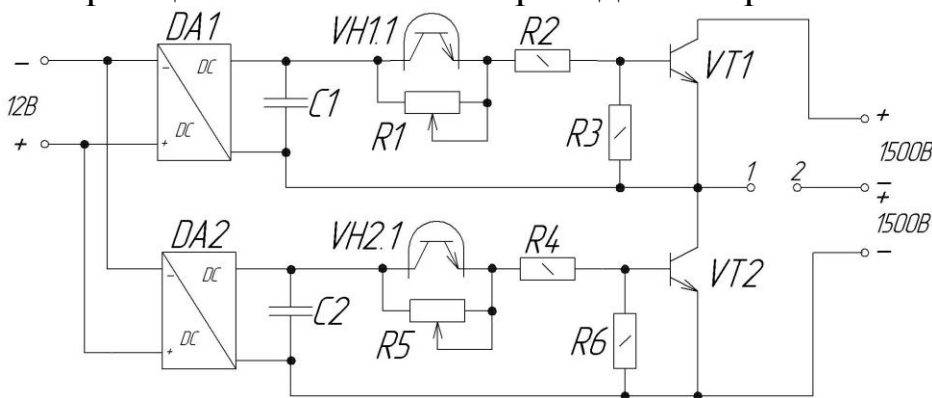


Рисунок 3 – Принципиальная схема высоковольтного каскада

Высоковольтный каскад представляет собой двухтактный усилитель мощности, выполненный на высоковольтных транзисторах $VT1$ и $VT2$, работающего в режиме АВ. Режим АВ достигается установлением начальных токов базы транзисторов при помощи подстройки величины сопротивления переменных резисторов $R1$ и $R2$ [3]. Питание базовых цепей транзисторов осуществляют гальванически развязанные DC/DC преобразователи постоянного напряжения. Транзисторы $VH1.1$ и $VH2.1$ являются выходными ответными частями оптронов и осуществляют изменение базовых токов выходных транзисторов в соответствии с входными сигналами $ДУ$. Источники питания $ИП1$ и $ИП2$ имеют идентичные параметры и обеспечивают питание выходного двухтактного каскада усилителя мощности.

В процессе экспериментов обрабатывались результаты измерения однофазного тока утечки, который оценивался по величине напряжения измерительного резистора сопротивлением 1 кОм.

Для проверки экспериментальных данных применялся статистический метод обработки результатов измерения с использованием критерия Уилкоксона [4].

Результаты обрабатывались при помощи программного обеспечения MathCAD и Oscilloscope 2.5. Результирующий ток утечки подсчитывался по формуле:

$$I_{ym} = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1000}^n (U_i)^2} / R_{VT}; \quad (1)$$

Экспериментальные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сопоставления действующих значений однофазных токов утечки без компенсатора и с компенсатором (несущая частота 1000 Гц)

Емкость сети на фазу, после преобразователя, мкФ	Действующее значение тока утечки, мА, при частоте преобразователя, Гц					
	Без компенсатора			С компенсатором		
	10	15	20	10	15	20
0.001	68	69	67	31	31	28
0.01	135	130	130	42	43	40
0.1	142	141	141	49	50	48
0.2	141	137	138	51	50	49

Из таблицы 1 следует, что применение автокомпенсатора позволяет эффективно снижать кратковременный ток утечки за счет снижения емкостной составляющей.

Использование разработанного автокомпенсатора обеспечивает эффективное снижение емкостной составляющей тока утечки электротехнического комплекса до безопасного уровня [5].

Направление дальнейших исследований целесообразно проводить в направлении компенсации полного тока утечки на землю.

Перечень ссылок.

1. Товстик Ю.В., Савицкий В.Н. Проблемы защиты от утечек тока на землю распределительных сетей угольных шахт, с силовыми полупроводниковыми элементами// Гірнична електротехніка та автоматика.: Наук. техн. зб. – 2005. – Вип.. №74.-с.36-42.
2. Марше Ж. Операционные усилители и их применение. Пер.с франц. Л., “Энергия”, 1974.- 216 с.
3. Keith H. Sueker, Power Electronics Design - A Practitioner's Guide. 2005, 250p.
4. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев // 13-е изд. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
5. ГОСТ 22929-78 „Аппараты защиты от токов утечки рудничные для сетей напряжением до 1200 В”