

Нахождение  $V_{as}$  методом добавочного объема. Нужно герметично закрепить динамик в измерительном ящике.

Объем ящика обозначен как  $V_b$ . Затем нужно произвести измерения  $f_c$  и, соответственно, вычислить  $Q_{mc}$ ,  $Q_{ec}$  и  $Q_{tc}$ . Методика измерения аналогична описанной выше. Эквивалентный объем определяют по формуле:

$$V_{as} = V_b \left( \frac{F_s Q_{ec}}{F_s Q_{es}} - 1 \right).$$

Полученных в результате всех этих измерений данных достаточно для дальнейшего расчета акустического оформления низкочастотного звена достаточно высокого класса.

УДК 681.7.068

## ПРОГРАММИРУЕМЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ТОКА

*Ивашко О.М.*

Научный руководитель – МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

Стабилизаторы тока (СТ) применяются для поддержания на номинальном или заданном уровне тока заряда аккумуляторных батарей, стабилизации качества гальванических технологических процессов при металлизации поверхности и уменьшении шероховатости металлических изделий, стабилизации тока возбуждения датчика Холла и в других местах, где требуется, чтобы проходящий ток был стабильным с заданной точностью [1].

Бывают СТ параметрические и компенсационные. Параметрические СТ стабилизируют ток благодаря тому, что ток коллектора биполярного транзистора или ток стока полевого транзистора изменяется в небольших пределах при стабильном соответственно токе базы или напряжении исток-затвор при изменении в широких пределах напряжения соответственно на коллекторе или стоке. Компенсационные СТ состоят из усилителя ошибки, регулирующего элемента, резистора тока, включённого последовательно с нагрузкой и источника опорного напряжения (ИОН). Напряжение на токовом резисторе сравнивается с ИОН. Усиленный сигнал ошибки сравнения управляет степенью открытия регулирующего элемента, таким образом, чтобы ток оставался на прежнем уровне в пределах возможностей СТ. В качестве ИОН чаще всего используют параметрический стабилизатор, состоящий из последовательно соединенных резистора или параметрического СТ и стабилитрона или стабистора. Стабилитрон лучше выбрать на небольшое (3,3–9,6 В) напряжение, чтобы резистор тока можно было использовать с меньшей допустимой мощностью. При этом стабилитрон надо выбирать с небольшим температурным коэффициентом напряжения (т.к.н.), то есть стабилитрон желательно выбирать прецизионный (КС196Г, Д818Е, КС191Р) или стабилизировать температуру его корпуса. Стабистор отличается от стабилитрона тем, что рабочей у него является прямая ветвь вольтамперной характеристики, а не обратная как у стабилитрона и минимально возможное напряжение стабилизации у него меньше, чем у стабилитрона. Так, например, стабисторы 2С107А и 7ГЕ1А-С имеют номинальное напряжение стабилизации, соответственно, всего 0,7 и 0,72 В, а известный стабилитрон с минимальным напряжением КС133А – 3,3 В. Усилитель ошибки может быть выполнен на транзисторе, но лучшая стабильность тока получается, если он выполнен на операционном усилителе (ОУ), имеющем большой коэффициент усиления по напряжению ( $10^4$ – $10^6$ ) и

минимальный дрейф нуля. В основном, дрейф нуля на выходе у ОУ с биполярными транзисторами на входе меньше, чем с полевыми транзисторами. В качестве регулирующего элемента можно использовать мощный биполярный или полевой транзистор. Конечно, мощность транзистора зависит от проходящего через него тока и падения напряжения между коллектором и эмиттером в биполярном транзисторе и истоком и стоком в полевом.

Максимально достижимые технические характеристики у компенсационного СТ гораздо лучше, чем у параметрического, по крайней мере, по стабильности его выходного тока от температуры.

Промышленностью выпускается множество разновидностей стационарных и переносных блоков питания с возможностью стабилизировать как выходной ток, так и выходное напряжение, но конечно не одновременно. Так, например, в импульсном блоке питания Б5-47 ток защиты стабилизирован и может регулироваться с помощью ступенчатого переключателя в широких пределах. Недостатком импульсных СТ является сравнительно большой уровень импульсных помех в выходном токе, что во многих случаях ограничивает их применение.

Электрическая схема разработанного программируемого стабилизатора тока изображена на рисунке 1.

Программируемый стабилизатор тока предназначен для подачи трех стабильных импульсов тока заданной величины в три обмотки испытываемого трехфазного электродвигателя.

Стабилизатор тока состоит из усилителя ошибки на операционном усилителе  $DA3$ , внутреннего источника опорного напряжения (ИОН), собранного на микросхеме-стабилизаторе  $DA1$  и резисторах  $R3$  и  $R4$ , резистора тока  $R10$ , коммутатора внешнего программируемого источника опорного напряжения, собранного на микросхеме-коммутаторе  $DA2$ , коммутатора включения внешних силовых транзисторов  $VT1-VT3$ , собранного на микросхеме-коммутаторе  $DA4$ , и трех оптронов  $U1-U3$ , для осуществления гальванической развязки цепей управления микросхемы-коммутатора  $DA4$  от выходов блока управления длительностью работы и порядком включения силовых транзисторов  $VT1-VT3$ .

Заданная величина тока, пропорциональная величине внутреннего ИОН или внешнего, поступающее через коммутатор на микросхеме  $DA2$ , на неинвертирующий вход микросхемы  $DA3$  (вывод 3) сравнивается с падением напряжения, поступающим на инвертирующий вход микросхемы  $DA3$  (вывод 2) с токового резистора  $R10$ . Усиленный сигнал ошибки с выхода микросхемы  $DA3$  (вывод 6) в противофазе поступает на один из затворов полевых транзисторов  $VT1-VT3$ , задаваемых включенным положением коммутатора на микросхеме  $DA4$ , таким образом, чтобы величина тока на выходе стабилизатора тока, т. е. на одном из трех стоков транзисторов  $VT1-VT3$ , оставалась в заданных пределах.

Схема установки, в которой использован разработанный программируемый стабилизатор тока, показана на рисунке 2.

Она состоит из блока обработки сигнала БОС, персонального компьютера ПК, 1-ой платы согласования А1, обеспечивающей преобразование цифровых выходных сигналов ПК в аналоговые, необходимые для управления платой стабилизатора тока А2, платы стабилизатора тока А2, силовых транзисторов  $VT1-VT3$ , подключенных своими затворами и истоками к трём выходам стабилизатора тока А2, а стоками ко второй плате согласования А3, на которой размещены последовательно с ними соединенные защитные диоды  $VD1-VD3$ , конденсаторы  $C1-C3$  и резисторы  $R1$  и  $R2$ , и трёх испытываемых обмоток электродвигателя АД. Конденсаторы  $C1-C3$  (плата А3) и три испытываемые обмотки электродвигателя АД представляют собой 3-и резонансных

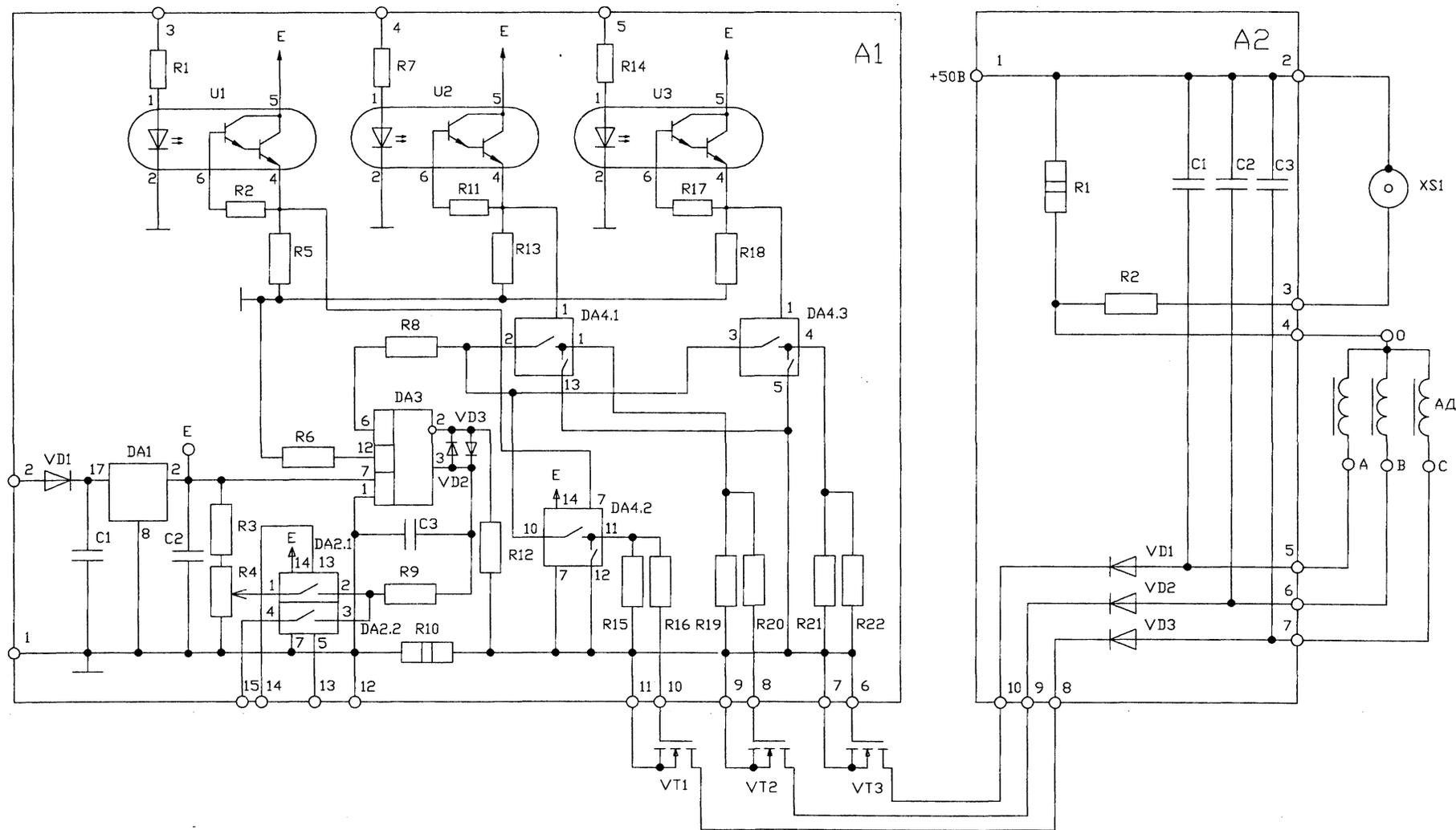


Рис. 1. Электрическая схема программируемого стабилизатора тока

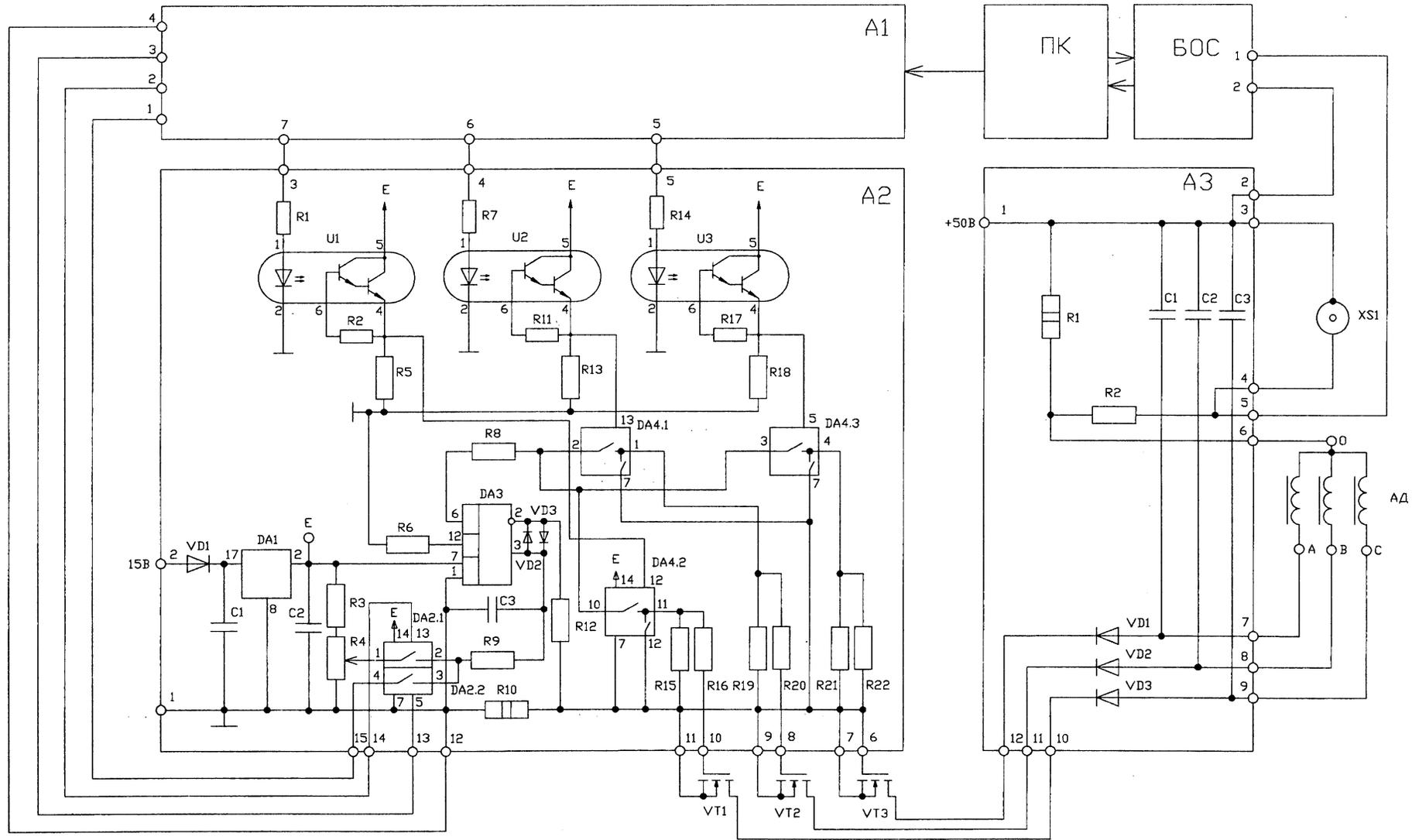


Рис. 2. Электрическая схема установки: А1 – 1-ая плата согласования; А2 – плата стабилизатора тока; А3 – 2-ая плата согласования; БОС – блок обработки сигналов; ПК – персональный компьютер; АД – трёхфазный асинхронный электродвигатель

контура, в которых под действием импульсов тока, поступающих с анодов диодов  $VD1-V D3$ , возникают затухающие колебания.

Наблюдение затухающих колебаний в резонансных контурах осуществляется с помощью внешнего монитора, подключенного к компьютеру, запрограммированного работать в виде трехканального виртуального осциллографа. Своим входом он соединён, с помощью соединительного кабеля, к выходам блока БОС.

С помощью блоков БОС и ПК задаётся частота, длительность работы и величина тока. Частота должна быть такой, чтобы колебательный затухающий процесс в одной обмотке электродвигателя был практически завершённым перед началом следующего.

Более подробно работа на подобной установке пояснена в работе [2].

### Литература

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники // Пер. с английского под ред. М.В. Гальперина. – Изд. 3-е стереотипное. Т. 1. – Москва, 1986. – С. 325–360.
2. Михальцевич Г.А., Ивашко О.М. Приставка к персональному компьютеру для проверки исправности электродвигателей с блоком обработки сигналов // Актуальные проблемы энергетики: материалы докладов 63-й научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов / БНТУ. – Минск, 2008. – С. 305–308.

УДК 621.3

## СИСТЕМЫ ПРЯМОГО ПРИВОДА. ЛИНЕЙНЫЙ ШАГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

*Ефимцев В.С., Титов В.В.*

Научный руководитель – ЖУКОВСКАЯ Т.Е.

Прямой привод – это электрическая машина с непосредственным преобразованием электромагнитной энергии в линейное или поворотное перемещение.

С инженерной точки зрения двигатель прямого привода представляет собой развернутую в декартовой или сферической системе координат электромагнитную систему, индуцирующую стоящее или бегущее пространственное магнитное поле. Управляя силами магнитного взаимодействия пространственного поля подвижного элемента системы с полем неподвижного элемента, можно реализовать перемещение подвижного элемента по траектории практически любой сложности в первой или второй системе координат.

Системы прямого привода подразделяются на линейные и поворотные двигатели (платформы), и специальные многокоординатные системы. Другие типы двигателей прямого привода имеют крайне ограниченное применение. Наиболее распространенные системы прямого привода представлены на рисунке 1.

Основные достоинства систем прямого привода:

- максимально высокие показатели точности (до 0,00001 мм) и повторяемости;
- способность создавать большой момент (до 50000 Нм) и, как следствие этого, возможность развития значительных ускорений, в том числе под нагрузкой;
- устойчивость всех основных электромагнитных и механических характеристик во время работы;
- компактность, легкость и надежность конструкции (в прямом приводе отсутствует трансмиссия и другие традиционные элементы – редукторы, механизмы передачи, муфты, подшипники, сальники, опорная рама и т. д.);
- низкие уровни шума и вибрации;
- простота и удобство монтажа;