

Рамазанов Альмир Рамилевич

студент

Орлов Алексей Вениаминович

канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
авиационный технический университет» в г. Стерлитамаке
г. Стерлитамак, Республика Башкортостан

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВОРОТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КАСКАДНЫХ СХЕМ

***Аннотация:** в статье поднимается вопрос о применении поворотных трансформаторов, с помощью которых строят и масштабируют каскадные схемы. Авторами рассматриваются особенности расчета входного сопротивления, коэффициента трансформации и напряжения, для построения каскадных схем.*

***Ключевые слова:** поворотный трансформатор, каскадная цепь, входные сопротивления, выходные сопротивления, фазирование каскадов.*

На сегодняшний день в области научно-технических исследований широкое применение получают устройства для автоматизации вычислительных процессов. Современные автоматические и вычислительные системы и машины включают большое количество отдельных элементов различной структуры и назначения.

Среди общего количества элементов устройств непрерывного действия широкое распространение получили поворотные трансформаторы (рисунок 1).



Рис. 1. Поворотные трансформаторы

Рассмотрим более подробно. Поворотные трансформаторы – индукционные машины с равномерным воздушным зазором, имеющие на статоре и роторе по две взаимно перпендикулярные распределенные обмотки (рисунок 2). Поворотные трансформаторы, соединенные в каскадные цепи, используются для решения ряда частных задач, которые распадаются от общей задачи вычислительного прибора. В каскадных цепях напряжение с выхода одного трансформатора подается на вход другого, что дает возможность с последнего элемента каскада снять напряжение, которое пропорционально определенной математической зависимости.

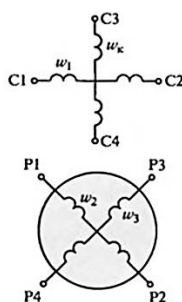


Рис. 2. Принципиальная схема вращающегося трансформатора

Одной из положительных сторон поворотного трансформатора является сохранение точного значения электромеханической передаточной функции при работе этих элементов на нагрузку, условием такой работы является их первичное или вторичное симметрирование.

Симметрирование поворотных трансформаторов в каскаде обеспечивается подбором решающих элементов с определенными величинами входных и выходных сопротивлений. Но оно является недостаточным условием правильной работы схемы. Необходима правильная последовательность включения машин различных типов. Как известно, входное сопротивление линейного поворотного трансформатора изменяется в функции угла поворота ротора. Это обстоятельство определяет необходимость включения линейной машины только в начале каскада, так как в противном случае непостоянство нагрузочного сопротивления приводит к снижению точности работы машины, питающей линейный трансформатор. Включение линейного трансформатора в начале каскада вызывает лишь непостоянство нагрузки источника питания, что несущественно. При таком

включении возникают дополнительные ошибки вследствие наложения фазовых сдвигов вторичных напряжений этих машин, вызывающих значительную фазовую погрешность.

Чтобы правильно построить каскадные схемы необходимо учитывать входные сопротивления Z_{BX} и коэффициенты трансформации m поворотных трансформаторов.

Для получения высокой точности работы схемы необходимо, чтобы при каскадном соединении трансформаторов входное сопротивление Z_{BX2} каждой последующей машины было примерно в 30 раз больше выходного сопротивления $Z_{ВЫХ}$ предыдущей машины.

Если выходное сопротивление первой машины представить через его входное сопротивление, то можно установить ориентировочное соотношение между величинами входных сопротивлений машин, соединяемых в каскад в зависимости от значений коэффициентов трансформации: $Z_{BX2}=3m^2_1Z_{BX1}$.

Для построения вычислительного каскада из поворотных трансформаторов или при коэффициенте трансформации $m = 1$ необходимо выбирать входное сопротивление каждой последующей машины примерно в 3 раза больше входного сопротивления предыдущей машины. Если входные сопротивления всех машин одинаковы, квадраты их коэффициентов трансформаций должны быть примерно равны $1/3$. Поэтому коэффициенты трансформации машин выбираются равными 0,57.

Полученные условия накладывают ограничения на возможное число машин в каскаде. Действительно, если принять для всех машин каскада условие $m_1 = m_2 = \dots = m_n = 1$ и выбрать первую машину каскада с входным сопротивлением $Z_{BX1} = 200$ Ом, то расчетные величины входных сопротивлений последующих машин имеют значения $Z_{BX2} = 600$ Ом, $Z_{BX3} = 1800$ Ом и $Z_{BX4} = 5400$ Ом. Дальнейшее увеличение входного сопротивления поворотных трансформаторов недопустимо.

С другой стороны, если все машины каскада выполнить с постоянным входным сопротивлением (например, $Z_{BX1} = Z_{BX2} = \dots = Z_{BXn} = 200 \text{ Ом}$), а коэффициенты трансформации всех машин принять равными $m_1 = m_2 = \dots = m_n = 0,57$, образуется следующий ряд коэффициентов передачи от машины к машине: 0,57; 0,325; 0,105 и т. д. Следовательно, при питающем напряжении 110 в максимальное напряжение на выходе четвертой машины каскада снижается до 11,5 в. Дальнейшее снижение этого напряжения нежелательно, так как оно влечет за собой необходимость увеличения чувствительности расшифровывающих следящих систем на выходе каскада.

При рассмотрении конструкции отмечалось, что магнитопровод машин выполняется из трансформаторной стали и из пермаллоя. Высокая магнитная проницаемость пермаллоя дает возможность пренебречь его магнитным сопротивлением по сравнению с сопротивлением воздушного зазора. Вследствие этого входное сопротивление таких машин практически не зависит от изменения питающего напряжения. При малых напряжениях на обмотке возбуждения поворотного трансформатора кривая намагничивания пермаллоя более линейна. Эти обстоятельства необходимо учитывать при составлении каскадов. Все последующие машины каскада, напряжения питания которых зависят от заданных величин, должны выполняться с магнитопроводом из пермаллоя.

После всех преобразований, осуществляется сравнение перед отработкой двух или большего числа сигнальных напряжений, вторичные цепи нескольких вычислительных элементов соединяются последовательно, образуя общую цепь, начало, и конец которой подводится к входу усилителя.

Правильное суммирование всех сигнальных напряжений в узле возможно при условии, если между ними установлены соответствующие коэффициенты, т. е. осуществлено их относительное масштабирование. Масштабирование проще всего можно осуществить применением масштабного поворотного трансформатора.

При преобразованиях напряжений во всех вычислительных элементах образуются фазовые сдвиги вторичных напряжений по отношению к напряжениям

питания. В случае каскадного соединения элементов происходит накопление фазовых погрешностей. При построении вычислительных каскадов всегда должны быть предусмотрены меры взаимного фазирования сигнальных напряжений.

При рассмотрении принципа действия поворотного трансформатора под нагрузкой в виде индуктивного сопротивления фаза его вторичного напряжения опережает фазу напряжения сети. Этот фазовый сдвиг можно увеличить включением в первичную цепь поворотного трансформатора добавочного активного сопротивления или уменьшить включением такого сопротивления во вторичную цепь.

Последовательное включение фазирующих сопротивлений следует производить в каскадах с меньшими естественными фазовыми сдвигами с целью приведения их фазы к фазе каскада с наибольшим естественным фазовым сдвигом.

Напряжение линейного поворотного трансформатора фазируют активным сопротивлением нагрузки его вторичной цепи. Включение фазирующих сопротивлений в первичную цепь линейной машины недопустимо, потому что для этой машины оно приводит к увеличению непостоянства фазы вторичного напряжения в функции угла поворота его ротора.

Таким образом, точность работы электромеханических вычислительных устройств с применением поворотных трансформаторов в большой степени зависит от правильности и тщательности их настройки. Настройка вычислительных устройств независимо от их сложности сводится к выполнению следующих основных простейших операций: проверка мертвых ходов, симметрирование, масштабирование и фазирование, а также определение скоростей вращения.

Список литературы

1. Баканов М.В. Информационные микромашины следящих и счетно-решающих систем (вращающиеся трансформаторы, сельсины) / М.В. Баканов, В.А. Лыска, В.В. Алексеев. – М.: Советское радио, 1977. – 88 с.
2. Чернышев В.О. Поворотные трансформаторы и их применение в вычислительных и автоматических устройствах. – М. – Ленинград: Энергия, 1965. – 103 с.