

6. ПОМЕХИ

Виды помех

Термин «помехи» чаще всего используется для обозначения нежелательных сигналов, которые могут улавливаться системой измерения и интерферировать с полезным сигналом. Существуют два вида помех:

1. **Наводка (интерференция).** Она возникает из-за влияния внешних электромагнитных полей на электрическую цепь измерительной системы. Например, существует интерференция между сигналами в контуре измерительной системы и расположенными поблизости мощными электроприборами, особенно если они включены в одну электросеть.
2. **Случайный шум.** Этот вид помехи возникает из-за хаотического движения электронов и других заряженных частиц в элементах и определяется основными физическими характеристиками компонентов данной системы.

Виды интерференции

Существуют три основных вида интерференции:

1. Обусловленная *индуктивной связью*. Иногда этот вид интерференции относят к *электромагнитной или магнитной связи*. Изменение тока в близкорасположенных электрических цепях приводит к изменению магнитного поля в проводниках. Изменение магнитного поля индуцирует в проводниках системы измерения вторичную э.д.с. — наводку.
2. Обусловленная *емкостной связью*. В измерительных системах силовые кабели, провода заземления и проводники располагаются близко друг от друга и отделяются только воздухом и диэлектрическими покрытиями. Поэтому между силовыми кабелями и проводниками и между проводниками и заземлением может появиться некоторая электрическая емкость. Это и есть емкостная связь между проводниками измерительной системы и остальной частью системы, которая и приводит к возникновению интерференции сигналов.
3. Обусловленная *плохим заземлением системы*. В измерительной системе могут возникнуть проблемы с помехами, если в ней существует несколько точек заземления, так как между ними может появиться некоторая разность потенциалов. Если это произойдет, то в цепи заземление—измерительный контур системы может возникнуть интерференционный электрический ток, который и является причиной помехи.

Уменьшение интерференции

Существуют следующие способы уменьшения интерференции (наводки):

1. **Использование витых пар проводов.** Элементы измерительной системы соединяются витыми парами проводов (Рис. 6.1). Изменение магнитного поля будет индуцировать вторичную э.д.с. одного направления и величины в обоих проводах каждой части витой пары. Но если в одном проводе пары наведенная э.д.с. совпадает с направлением э.д.с. основного тока, то в смежном проводе пары ее направление противоположно основной э.д.с. Таким образом, результат влияния наведенных э.д.с. станет нулевым.



Рис. 6.1. Уменьшение интерференции при помощи витых пар проводов

2. **Электростатическое экранирование.** Идеальный способ предотвращения возникновения емкостной связи — это защита электрических контуров датчика и всей измерительной системы заземленным металлическим экраном. Но при этом могут возникнуть проблемы с контактным заземлением, например в случае, если датчик и устройство отображения имеют разные точки заземления. Коаксиальный кабель экранирует провода, соединяющие элементы измерительной системы между собой, однако при этом кабель должен иметь заземление только на одном конце для того, чтобы избежать многоконтактного заземления.
3. **Использование единственной точки заземления.** Наличие единственной точки заземления предотвратит случаи многоконтактного заземления.
4. **Использование дифференциальных усилителей.** Дифференциальный усилитель используется для усиления разности двух сигналов. Следовательно, если оба сигнала содержат один и тот же интерференционный шум, выходной сигнал усилителя уже не будет его содержать, так как он не будет усиливаться.
5. **Использование фильтров.** Селективный фильтр пропускает полезный сигнал измерительной системы, а интерференционные шумы подавляет.

Дополнительная литература: Putten A. F. P. van (1988), *Electronic Measurement System*, Prentice Hall.

Взаимные помехи

В некоторых измерительных системах выходы нескольких датчиков могут быть подсоединены при помощи многожильных кабелей или ленточных проводов. Термин «взаимные помехи» используется для описания интерференции, появляющейся между сигналами, передающимися по таким проводам. Этот вид интерференции является комбинацией емкостных и индуктивных связей. Взаимные помехи могут быть уменьшены увеличением расстояния между проводами, экранированием наиболее излучающих цепей, а в случае ленточных проводов — использованием чередования измерительных проводов и проводов заземления.

Случайные шумовые помехи

Случайные помехи могут быть следующих типов:

1. **Тепловой шум** (иногда его называют шумом Джонсона). Этот шум генерируется хаотическими движениями электронов и других заряженных частиц в резисторах и полупроводниках. Такой шум имеет непрерывный и равномерный спектр во всем частотном диапазоне, поэтому его также называют *белым шумом*. Эквивалентная (среднеквадратическая) э.д.с. для этого вида шума в полосе частот от f_1 до f_2 равна:

$$\sqrt{[4kRT(f_2 - f_1)]},$$

где k — постоянная Больцмана, R — сопротивление, T — абсолютная температура. Таким образом, широкополосные усилители производят больше белого шума, чем узкополосные. Большое сопротивление и высокая температура также будут причиной увеличения шума.

2. **Дробовой шум**. Этот шум возникает из-за случайных флуктуаций скорости диффузии заряженных частиц через потенциальные барьеры, такие как p - n -переходы. Эквивалентная э.д.с. для этого вида шума в полосе частот от f_1 до f_2 при абсолютной температуре T равна:

$$\sqrt{[2kTr_d(f_2 - f_1)]},$$

где k — постоянная Больцмана, r_d — дифференциальное сопротивление диода, равно kT/qI , здесь q — заряд электрона, а I — постоянный ток в переходе.

3. **Фликкер-шум (шум мерцаний)**. Этот вид шума возникает из-за движения потока заряженных частиц в неоднородной среде. Пример такого шума — шум, возникающий в композитных углеродистых резисторах. Эквивалентная э.д.с. для этого вида шума приблизительно обратно пропорциональна частоте.

4. **Шум из-за дребезга контактов.** Шум может появиться из-за плохого соединения. Причиной этого может быть либо грязь на контактах, либо плохая пайка.

Дополнительная литература: Putten A. F. P. van (1988), *Electronic Measurement System*, Prentice Hall.

Подавление случайных шумовых помех

Термин «нормальный шум» используется для описания всех шумов, возникающих внутри источника сигналов. Для измерительной системы этот шум неотличим от фактического измеряемого сигнала. Способность системы подавлять такой шум характеризуется *коэффициентом подавления нормального шума (КПНШ)*. Он может определяться в децибелах в виде:

$$\text{КПНШ} = 20 \lg \left(\frac{V_n}{V_e} \right),$$

где V_n — пиковое значение нормального шума, V_e — пиковое значение погрешности от этого шума при измерениях на определенной частоте.

Термин «синфазный шум» используется для описания шума, возникающего между выводом заземления и низкопотенциальным выводом измерительной системы. Способность измерительной системы подавлять такие шумы и не допускать возникновения погрешностей в показаниях прибора называется *коэффициентом подавления синфазного шума (КПСШ)*. Он определяется в децибелах в виде:

$$\text{КПСШ} = 20 \lg \left(\frac{V_{cm}}{V_e} \right),$$

где V_{cm} — максимальное значение синфазного шума, V_e — пиковое значение погрешности от этого шума при измерениях на определенной частоте.

Отношение сигнал/шум

Отношение сигнал/шум (S/N) — это отношение мощности сигнала к мощности шума.

$$\text{Отношение сигнал / шум} = \frac{\text{мощность сигнала}}{\text{мощность шума}}$$

Оно обычно выражается в децибелах, следовательно:

$$\text{Отношение сигнал / шум} = 10 \lg \left(\frac{\text{мощность сигнала}}{\text{мощность шума}} \right).$$

Если V_s — напряжение сигнала, V_n — напряжение шума, то мощность определяется как V^2/R . Следовательно,

$$\text{Отношение сигнал/шум} = 10 \lg \left(\frac{V_s}{V_n} \right)^2,$$

$$\text{Отношение сигнал/шум} = 20 \lg \left(\frac{V_s}{V_n} \right).$$

Коэффициент усиления шума

Коэффициент усиления шума измеряется в децибелах и выражается:

$$F = 10 \lg \left(\frac{\text{полная мощность шума на выходе}}{\text{входной шум}} \right).$$

Отсюда видно, что коэффициент усиления шума оценивает величину шума, вносимого элементом системы. Если мощность входного шума P_{ni} и передаточная функция элемента G , то мощность выходного шума можно определить как GP_{ni} . Но так как передаточная функция G — это отношение мощности выходного сигнала P_{so} к мощности входного сигнала P_{si} , то отсюда следует, что:

$$\begin{aligned} F &= 10 \lg \left[\frac{P_{no}}{(P_{so}/P_{si})P_{ni}} \right] = 10 \lg \left[\frac{P_{si}/P_{ni}}{P_{so}/P_{no}} \right] = \\ &= \frac{\text{отношение сигнал/шум на входе}}{\text{отношение сигнал/шум на выходе}} \end{aligned}$$

Отношение сигнал/шум должно выражаться в децибелах.

Дополнительная литература: Putten A. F. P. van (1988), *Electronic Measurement System*, Prentice Hall.

Осреднение

Метод осреднения может быть использован для улучшения отношения сигнал/шум для периодических сигналов. Для одной и той же фазы волны сигнала берется выборка нескольких периодов, и получается их осредненное значение. Так как шум — случайная величина, то в ряде периодов сигнал шума будет складываться с измерительным сигналом, а в остальных периодах вычитаться из него. Поэтому в результате осреднения среднее значение шума уменьшится. Такая процедура осреднения проводится для нескольких фаз волны сигнала, и после этого восстанавливается измерительный сигнал. Улучшение отношения сигнал/шум по такому алгоритму пропорционально квадратному корню из числа выборок фаз волны измерительного сигнала.