

Магнітний підсилювач

Вимірювальні пристрої систем автоматичного регулювання зазвичай виробляють малопотужні сигнали управління, які безпосередньо не можуть привести в дію виконавчі механізми. Мала потужність сигналів пояснюється прагненням зменшити вплив навантаження на точність вимірювань, а також конструктивними особливостями і фізичною природою вимірювальних пристроїв.

Щоб отримати потужність, необхідну для роботи виконавчих пристроїв, застосовують магнітні підсилювачі. Вони практично нечутливі до вібрацій і механічних впливів, дозволяють отримати на виході значні струми, прості в експлуатації, порівняно недорогі і дуже надійні.

Залежно від характеру фізичних процесів, що визначають принцип роботи магнітного підсилювача, розрізняють дросельні та трансформаторні магнітні підсилювачі.

У дросельних підсилювачах робоча обмотка (обмотка змінного струму) виконує функцію дросельної «заслінки», що обмежує струм у навантаженні, включеної (зазвичай послідовно) в ланцюг робочої обмотки.

У трансформаторних підсилювачах ланцюг навантаження електрично не пов'язана з ланцюгом харчування. Передача енергії з ланцюга живлення в ланцюг навантаження здійснюється за рахунок магнітного зв'язку між ними. При цьому, впливаючи на загальний магнітний потік, зчеплений з витками обмоток ланцюгів живлення і навантаження, можна змінювати потужність, передану в ланцюг навантаження.

Як дросельні, так і трансформаторні підсилювачі можуть бути зібрані по однократної або двотактної схемою. У однократній магнітних підсилювачах фаза струму в навантаженні не залежить від полярності вхідного сигналу. У двотактних магнітних підсилювачах фаза струму в навантаженні змінюється на 180° при зміні полярності струму в обмотці управління.

Залежно від типу зворотного зв'язку розрізняють магнітні підсилювачі з зовнішньої зворотним зв'язком, у яких випрямлений робочий струм проходить за спеціальною обмотці зворотного зв'язку, і магнітні підсилювачі з внутрішньої зворотним зв'язком, у яких постійна складова робочого струму проходить по тій же робочій обмотці (додаткова обмотка відсутня).

Двотактний магнітний підсилювач може бути зібраний з диференціальної схемою з підмагнічуванням і з зворотним зв'язком, а також по бруківці схемою.

ПРИНЦИП ДІЇ ДРОСЕЛЬНИХ МАГНІТНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

Феромагнітний матеріал, з якого виготовляються магнітопроводи магнітних підсилювачів, можна представити що складається з окремих малих областей (доменів), мимовільно намагнічуються в різних напрямках.

При накладенні на магнітопровід магнітного поля обмотки ці намагнічені області («магнітики») орієнтуються переважно уздовж силових ліній зовнішнього поля, в результаті чого загальний магнітний потік різко зростає. При зміні полярності струму в обмотці «магнітики» повертаються і напрямок загального магнітного потоку в муздратеатрі змінюється на протилежне.

Будемо називати магніторушійної силою (МДС) Aw твір струму в обмотці на число її витків. Ця величина пропорційна струму, так як число витків обмотки зазвичай постійно.

На рис. 10.15 зображена отримана досвідченим шляхом залежність магнітного потоку в муздратеатрі від кількості ампер-витків його обмоток. Це усереднена крива, характерна для магнітомягких матеріалів.

На рис. 10.16 зображений магнітопровід, на який намотані дві обмотки: робоча w_p , що живиться синусоїдальним напругою, і керуюча w_y до якої підводиться посилюване напругу.

Припустимо, що керуюча обмотка знеструмлена, а МДС робочої обмотки змінюються за синусоїдальним законом від $+Aw_p$ до $-Aw_p$. При цьому магнітний потік в магнітопроводі змінюється на $\Delta\Phi$ (див. рис. 10.15).

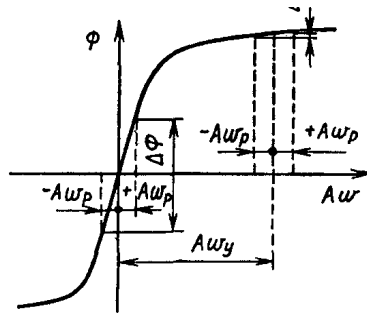


Рис. 10.15. Кривая намагнічування сердечника

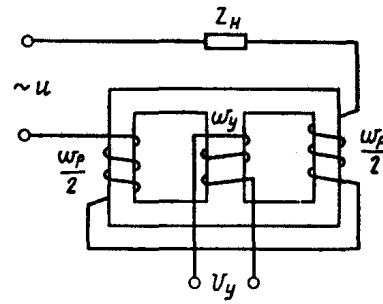


Рис. 10.16. Схема дросельного магнітного усилителя

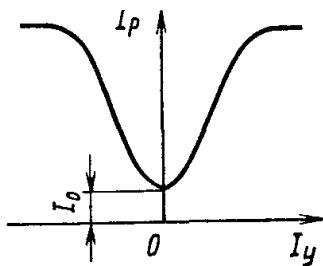


Рис. 10.17. Рабочая характеристика дросельного усилителя

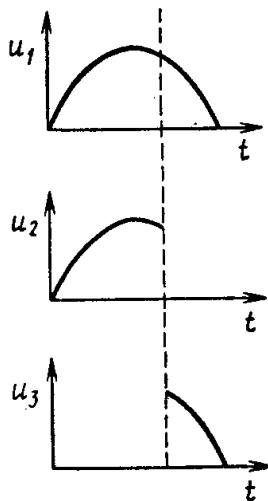


Рис. 10.18. Распределение напряжения между рабочей обмоткой и нагрузкой:

u_1 — напряжение питания; u_2 — напряжение на дроселе; u_3 — напряжение на нагрузке

Припустимо, що через керуючу обмотку проходить струм і її МДС дорівнює деякому значенню $A\omega_y$. МДС робочої обмотки змінюється в колишніх межах від $+Aw_p$ до $-Aw_p$. З рис. 10.15 видно, що $\Delta\Phi$ значно менше $\Delta\Phi'$. При цьому магнітний потік в магнітопроводі змінюється на $\Delta\Phi$ таким чином, в першому випадку швидкість зміни магнітного потоку буде великий, у другому - незначною. ЕРС самоіндукції робочої обмотки, пропорційна швидкості зміни магнітного потоку (закон електромагнітної індукції), в першому випадку буде значно більше, ніж у другому. Ця ЕРС спрямована назустріч прикладеній напрузі і обмежує струм в ланцюзі. При постійному діючому значенні синусоїдальної напруги харчування в першому випадку струм в робочій обмотці буде менше, ніж у другому.

Змінюючи магнітне стан муздрамтеатру, можна міняти струм в робочій обмотці, а отже, і в навантаженні Z_n , яка включена послідовно з ω_p .

Поки магнітопровід не насичений, основна частина напруги живлення витрачається на подолання ЕРС самоіндукції робочої обмотки, падіння напруги на навантаженні невелика, струм у навантаженні малий. Коли магнітопровід переходить в насичене стан, ЕРС самоіндукції робочої обмотки практично зникає і все напруга живлення виявляється прикладеною до навантаження. Струм в навантаженні зростає.

На рис. 10.17 зображена залежність струму в навантаженні (робочого струму) I_p від струму в обмотці управління I_y . З малюнка видно, що зі збільшенням струму управління I_y , тобто в міру насичення магнітопровода та зменшення ЕРС самоіндукції робочої обмотки, збільшується струм в навантаженні I_p . При цьому невеликі зміни струму I_y викликають значні зміни робочого струму. Отже, пристрій працює як підсилювач.

Слід зазначити, що насправді картина фізичних процесів дещо складніше. У сучасних магнітних підсилювачах застосовуються магнітопроводи з прямокутною кривою намагнічування. Вони або відразу розмагнічуються, або повністю насичуються. Тому перерозподіл напруги живлення між робочою обмоткою і навантаженням відбувається

протягом кожного періоду. Наприклад, протягом чверті кожного періоду напруга живлення докладено до навантаження, а протягом $3/4$ періоду гаситься на робочій обмотці (рис. 10.18).

Змінюючи струм управління в обмотці w_y , це розбраті розподіл можна змінити збільшивши або зменшивши частину періоду, протягом якої напруга докладено до навантаження, а отже, збільшивши або зменшивши (в середньому) струм у навантаженні.

Дросельний магнітний підсилювач порівняно простий як по пристрою, так і за принципом роботи, однак його застосування в системах автоматичного регулювання обмежена, так як йому властивий ряд недоліків. Насамперед відзначимо істотно не лінійність залежності струму в навантаженні від струму управління (див. рис. 10.17). Так, при струмі управління $I_y = 0$ струм навантаженні $I_p \neq 0$. Цей нульовий струм I_0 збільшує похибку регулювання і втрати потужності. Інший недолік дросельного підсилювача - порівняно низький коефіцієнт підсилення. Крім того, в багатьох випадках істотно і те, що дросельний підсилювач не реагує на полярність сигналу керування. Ці недоліки усунуті в більш складних схемах магнітних підсилювачів.

Принцип дії трансформаторного магнітного підсилювача

Схема трансформаторного магнітного підсилювача зображена на рис. 10.19. Синусоїдальна напруга живлення підводиться до обмотки w_1 , а навантаження Z "вклинитися" в ланцюг спеціальної обмотки w_2 .

Поки сердечник не насичений, синусоїдальний струм, що проходить по обмотці w_1 , викликає значні зміни магнітного потоку в муздрамтеатрі. Змінний магнітний потік, пронизуючи витки про мотки w_2 , наводить у цій обмотці ЕРС, яка іє користується для живлення навантаження Z_n . Чим більше швидкість зміни магнітного потоку, тим більше на веденная ЕРС і струм в навантаженні.

Коли відбувається насичення магнітопровода, швидкість зміни магнітного потоку різко зменшується (див. § 10.6), ЕРС, индуцируемая у вторинній обмотці w_2 , стає невеликий, відповідно зменшується і струм у навантаженні.

Робоча характеристика трансформаторного магнітного підсилювача (залежність робочого струму від струму управління) зображена на рис. 10.20. Видно, що зі збільшенням струму управління I_y струм у навантаженні I_p зменшується.

Неважко помітити, що робочі характеристики дросельного і трансформа-торного підсилювачів є ніби дзеркальним відображенням один одного. Це пояснюється тим, що ЕРС, индуцируемая в ланцюзі навантаження, в одному випадку відіграє роль «заслінки», в іншому - джерела живлення навантаження.

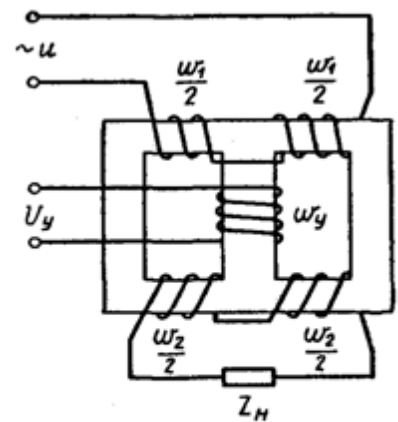


Рис. 10.19. Схема трансформаторного магнітного усилителя