



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Индукция және өзара индуктивтілік

*PhD докторы ЭТжҒТ кафедрасының
қауымдастырылған профессоры
Хабай Анар
Email: a.khabay@satbayev.university*

Алматы қаласы, 2025 ж.

Дәріс №6. Индукция және өзара индуктивтілік

Дәрістің мақсаты:

Индукцияның негізгі анықтамасын беру, формулаларын шығару.

Индуктордағы кернеу мен токтың байланысын түсіндіру.

Индуктордағы энергияның сақталуын талдау.

Жүйелі және параллель қосылған индукторлардың эквивалентін табуды үйрету.

Тәжірибелік индукторлардың физикалық сипаттамалары мен жалған әсерлерін қарастыру.

Өзара индуктивтіліктің мәнін ашу және позициялық түрлендіргіштердегі (САДТ) қолданылуын көрсету.

ИНДУКТОРДЫҢ КЕРНЕУ-ТОК ҚАТЫНАСЫ

Индуктордың Құрылысы:

- Индуктор – әдетте қандай да бір пішіннің айналасына сымды орау арқылы жасалады.
- Ток өзгерген кезде магниттің ағыны да өзгереді.

Индуктивтілік (L):

- Фарадейдің электромагниттік индукция заңы бойынша, уақытша өзгертін магнит ағыны катушкада кернеуді байланыстырады.
- Идеалды индуктор үшін, кернеу токтың өзгеру жылдамдығына пропорционалды болады.
- Кернеу мен токтың байланысы:

$$v(t) = L \frac{di}{dt}$$

- L – пропорционалдылық константасы, индуктивтілік деп аталады.

Өлшем бірлігі:

- Индукцияның өлшем бірлігі – Хенри (H).
- Хенри (H) – вольттің амперге қатынасына тең. Әдетте, микрохенриден (μH) хенридің ондығына дейінгі индукциялар қарастырылады.

ТОК ЖӘНЕ ИНЕРЦИЯ ҰҚСАСТЫҒЫ

Кернеу бойынша Ток:

- Егер индукциядағы бастапқы ток $i(t_0)$ мен кернеу $v(t)$ белгілі болса, токты интегралдау арқылы табуға болады.

- Кез келген t уақытындағы ток:

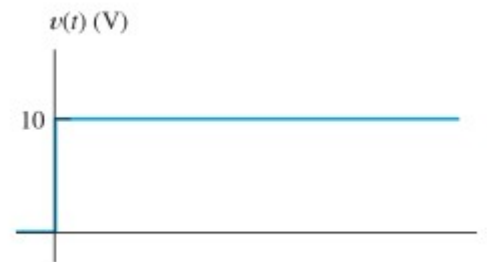
$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(t) dt + i(t_0)$$

Токтың Үзіліссіздігі (Секірудің болмауы):

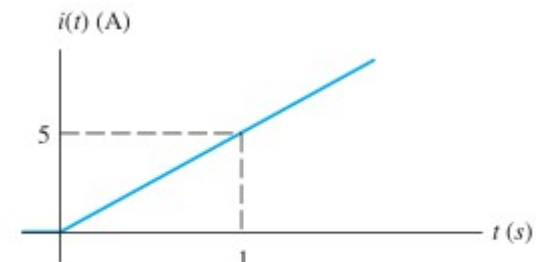
- Егер $v(t)$ соңғы болып саналса, $i(t)$ мәні ешбір лезде секірмей, жалғасуы қажет (яғни үзілістерсіз).
- Токтың күрт өзгеруі ($dt \rightarrow 0, di \rightarrow \infty$) индуктор бойындағы шексіз кернеуді тудырады. Бұл шексіз кернеу – ток өтіп кететін сәтке ғана созылады екен.
- Нақты тізбекте қосып-ажыратқыш ашылғанда жоғары кернеу доға әкелуі мүмкін.

Сұйық-Ағын Ұқсастығы:

- Индукция үшін сұйық-ағынға ұқсауы – тұрақты диаметрдің құбыры арқылы үйкеліссіз өтетін сұйықтықтың инерциясында.
- Сұйықтықтың үдеуі – ток ағымының жылдамдығына ұқсас
- Ток кенеттен тоқтаған кезде пайда болатын жоғары жанатын қозғалтқыш үшін от алатын жүйеде қолдан



(b)



(c)

САҚТАЛҒАН ЭНЕРГИЯ

Қуатты Есептеу:

- Тізбек элементіне жеткізілетін қуат: $p(t)=v(t)i(t)$.
- Кернеуді ауыстыру арқылы қуатты токтың туындысымен өрнектейміз:

$$p(t) = Li(t) \frac{di}{dt}$$

Сақталған Энергия (W):

- Энергия индукторда магнит өрісінде сақталады.
- Жеткізілген энергия – қуатты интегралдау арқылы табылады.
- Индукторда сақталатын энергияның формуласы:

$$w(t) = \frac{1}{2} Li^2(t)$$

- Токтың шамасы өскен сайын қуат оң болады және сақталған энергия жиналады.
- Егер токтың магнитудасы нөлге тең болса (азайса), қуат теріс болады, бұл энергияның тізбектің басқа бөліктеріне қайтарылатындығын көрсетеді.

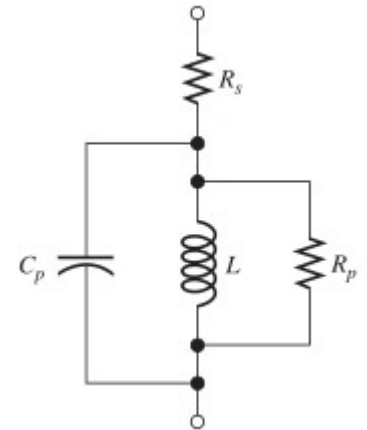
ТӘЖІРИБЕЛІК ИНДУКТОРЛАР ЖӘНЕ ЖАЛҒАН ӘСЕРЛЕР

Нақты Индукторлардың Құрылысы:

- Үлкен индукциялар көбінесе темір металының формаларында жасалады, олар ламинация деп аталатын жіңішке қабаттан тұрады.
- Ламинациялар қуатты токтың шығынын азайту үшін қолданылады, себебі магнит өрісі өзгерген кезде өзектің ішінде токтар пайда болады (өзекті жоғалту).
- Ферриттер (темір оксидтері) – қуатты токты жоюдың тағы бір жолы.

Жалған Әсерлер (Паразиттер): Нақты индукторда қажетті индукцияға қосымша жалған әсерлер болады:

1. R_s (Жүйелі кедергі): Сымнан жасалған материалдың кедергісінен туындайды.
2. C_p (Параллель сыйымдылық): "Орамдар арасындағы индукция" деп аталады, сымның катушкалары арасындағы электр өрісімен байланысты.
3. R_p (Параллель кедергі): Өзектегі ағымдық токтарға байланысты ішінара өзектің жойылуын білдіреді.



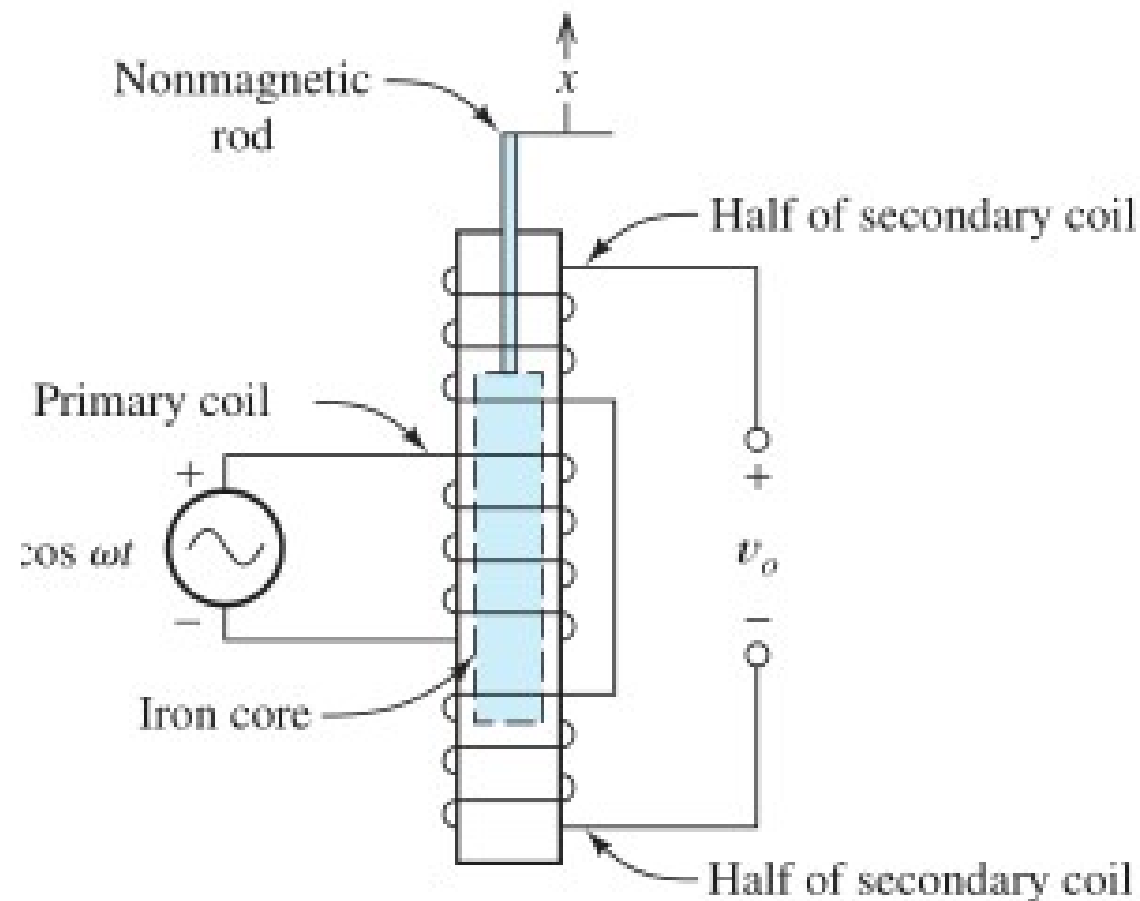
ҚОЛДАНЫСЫ: СЫЗЫҚТЫҚ АУЫСПАЛЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТҮРЛЕНДІРГІШ (САДТ)

Анықтамасы:

- Сызықтық ауыспалы дифференциал түрлендіргіш (САДТ) – өзара индукция принципіне негізделген позиционды түрлендіргіш.

Жұмыс Принципі:

- Құрылымда: орталық бастапқы катушка (Primary coil) және екі жартыдан тұратын екінші катушка (Secondary coil) бар.
- Темір өзек катушкалардың ортасында болған кезде, шығыс кернеуі $v_o(t)=0$ болады.
- Өзек жоғары немесе төмен жылжығанда, бастапқы және екінші жартысы арасындағы өзара байланыстар өзгереді.
- Нәтижесінде, шығыс кернеуі (v_o) өзектің ығысуына (x) пропорционалды болады.
- Қолданылуы: ығысуды өлшеу үшін автоматтандырылған өндірістік операцияларда пайдаланады.



Қорытынды

- ✓ Индукцияның негізгі анықтамасы: Индуктор токты өзгертуге кедергі жасайды, энергияны уақытша магнит өрісінде сақтайды.
- ✓ Ток пен кернеудің байланысы: Кернеу – токтың өзгеру жылдамдығына пропорционалды. Сонымен қатар, индукциядағы ток ешбір лезде секірмей, жалғасуы қажет (үзілістерсіз), себебі токтың күрт өзгеруі шексіз кернеуді тудырады.
- ✓ Біріктіру ережелері: Индукторлардың жүйелі және параллель эквиваленттері кедергілерді біріктіру ережелеріне ұқсас.
- ✓ Тәжірибелік индукторлардың сипаттамалары: Ламинациялар мен ферриттер сияқты құрылымдар өзектің жоғалуын азайту үшін қолданылады.
- ✓ Жалған әсерлер: Нақты индукторлардың моделінде жүйелі кедергі (R_s), параллель индукции (C_p) және параллель кедергі (R_p) сияқты жалған элементтер бар.
- ✓ Өзара индуктивтілік: Бір катушкадағы ток өзгерісінің басқа катушкада кернеу тудыруы. Бұл сызықтық ауыспалы дифференциал түрлендіргіш (САДТ) сияқты позиционды түрлендіргіштерде қолданылады.

Қайталау сұрақтары

1. Индуктивтілік дегеніміз не және оның өлшем бірлігі қандай?
2. Индуктордағы кернеу мен токтың арасындағы байланыс қандай теңдеумен сипатталады?
3. Неліктен индукциядағы ток бірден өзгермейді?
4. Индукторда энергия қалай сақталады және оның формуласы қандай?
5. Жүйелі қосылған индукторлар мен параллель қосылған индукторлардың эквивалентін қалай табамыз?
6. Индуктордың сұйық-ағынға ұқсастығын түсіндіріңіз.
7. Ток кенет тоқтаған кезде индукторда неге жоғары кернеу пайда болады? Бұл құбылыс қайда қолданылады?
8. Нақты индукторларда болатын жалған әсерлер (R_s , L_s , R_p) нені білдіреді?
9. Өзара индуктивтілік дегеніміз не және оның негізгі теңдеуі қандай?
10. Сызықтық ауыспалы дифференциал түрлендіргіш (САДТ) қалай жұмыс істейді және ол қай салада қолданылады?

Назарларыңызға рақмет!