وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الفرات الأوسط التقنية
المعهد التقني / النجف
قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات

المادة
الدوائر الكهربائية

تدريسية المادة: م.م. سرى سلام محمد
الايميل الجامعي:
sura.salam.inj@atu.edu.iq

للعام الدراسي
2026-2025

Course Description Form	
1- Course Name :	
Electric Circuit Analysis	
2- Course Code :	
3- Semester / Year :	
First academic Year	
4- Description Preparation Date :	
2024	
5- Available Attendance Forms :	
In Class Attendance	
6- Number of Credit Hours (Total) / Number of Units (Total) :	
120 h / 8 units	
7- Course administrator's name (mention all, if more than one name) :	
Name : Anwar Sabah Ahmed Email : inj.anw@atu.edu.iq	
8- Course Objectives :	
Course Objectives :	**1- The Student will learn to apply the general electric laws in analyzing electric circuits 2- learn to choose the suitable software for circuit analysis 3- Learn the basic theories for circuit analysis and solve**

	mathematical examples on it. **4- Learn to connect the single phase and three phase loads and do the the required calculations on it.**
9- Teaching and Learning Strategies	
Strategy :	- Scientific lectures - Practical Lab. Experiments - Scientific trips - Daily, quarterly and monthly tests - Scientific reports.

10- Course Structure :

Week	Hours	Required Learning Outcomes	Unit or Subject Name	Learning Method	Evaluation Method
Week 1	**4**	Electricity ,Units System , Units Conversion , Basic Unit for Electricity , Solve Examples.	Electricity		
Week 2	**4**	DC Circuit analysis : Series , Parallel , Combined , and Star – Delta Circuit analysis and Solving Examples	Circuit Analysis		
Week 3	**4**	Applications on series, parallel, Combined, star, .and Delta circuits A- Kirchhoff's laws - definition of Kirchhoff's law - for current and voltage, with solving examples.			

		B- Maxwell - with solved examples			
Week 4	**4**	A- Thevenin's theory - definition of the theory - how to apply it in direct .current circuits B- Norton's theory - definition of the theory - how to apply it in direct current circuits.			
Week 5	**4**	Applications of Thevenin .and Norton's theorem Matching theory - definition of the theory - applied steps in solving direct current circuits that contain more than one source - examples of solutions			
Week 6	**4**	Definition of the current source and the voltage source (continuous power distributor) and how to convert from one to the other - The theory Maximum Power Transfer - definition of the theory and derivation of its relationships - applied examples. Alternating quantities			

		include - their definition, properties of alternating current - how to generate alternating current and draw its vector and its relationships - definition of the effective value (RMS) and the average value and their relationships to find the formation factor and value factor for irregular waveforms with applied examples.			
Week 7	**4**	Alternating vector quantities - their definition - phase and directional representation - phase angle and how to find it - finding the resultant of vector quantities, including multiplication, division, addition and subtraction - with applied .examples Study the effect of alternating current on a circuit containing only resistance - a circuit containing only pure inductance - a circuit containing only pure capacitance - finding the phase angle between voltage and current for			

		each circuit and solving examples			
Week 8	**4**	Study the effect of alternating current on a circuit containing resistance and inductance in series - A circuit containing resistance and inductance in series - A circuit containing resistance, inductance and capacitance in series - A circuit containing resistance and capacitance in series - Finding the relationship between current and voltage in the three cases - Phase angle - The total impedance of the circuit with applied examples.			
Week 9	**4**	The effect of alternating current on a circuit containing resistance and inductance in parallel - A circuit containing resistance and capacitance in parallel - A circuit containing resistance, inductance and capacitance in parallel - Finding the relationship between voltage and current in the three cases - Conductive phase angle, its definition and how to find it - Finding impedance - Permittivity with Practical examples.			

Week 10	**4**	- The description - ((J-Operator) or the complex coefficient to find the total impedance, total Admittance, current, voltage, and phase angle for circuits.			
Week 11	**4**	Resonant circuits - Series resonance circuit - Current, voltage, impedance, phase angle and frequency at resonance - finding the beam width - finding the quality factor - Drawing the relationship between inductive reactance and capacitive reactance w frequency - Solving examples - Parallel resonance circuit . - Current, voltage, impedance, phase angle, and resonant frequency - Drawing graphical relationships with frequency - Finding the quality factor - Solving examples. Applying theories such as Norton's theorem, Thevenin's theorem.			
Week 12	**4**	- Power in alternating current circuits includes calculating power in - circuits containing			

		resistance only - circuits containing inductance only, - circuits containing only capacitor - circuit containing resistance, inductance, and capacitance in series and parallel - - definition of active power and reactive power.			
Week 13	**4**	- Total reactive power (its definition) - Power triangle - Power factor - Applied examples. - Maximum power transfer in alternating current circuits - applied examples.			
Week 14	**4**	Measuring devices include - Types of measuring devices - nature of their work - moving coil measuring devices, their installation and uses in measuring voltage and current, mentioning their advantages and disadvantages and a drawing of the device.			
Week 15	**4**	The iron-core measuring device - installation and how to use it in measuring - advantages and disadvantages and			

		drawing the device's diagram.			
Week 16	**4**	- Dynamo-meter measuring devices - installation - drawing a diagram of the device - arrangement in the electrical circuit for measuring power - moment equations - advantages and disadvantages - the oscilloscope device - drawing of the device - installation and operation.			
Week 17	**4**	- Practical methods for measuring resistors of high, medium and small values - an ohmmeter in series and parallel - the ammeter and voltmeter method - the compensation method - a test-stone bridge - the voltage divider method - the switching method - examples of each method.			
Week 18	**4**	- Three-phase alternating current circuits - definition and how to generate alternating current: - single phase - two phases - three phases - with a			

		drawing of each circuit, star and Delta connections in three-phase - alternating current circuits, and special relationships for calculating line and phase current and voltage, total power and line capacity - phase power - examples.			
Week 19	**4**	Solve applied examples of three-phase alternating current, Delta and star connections, from balanced and unbalanced loads.			
Week 20	**4**	Methods for measuring power for three-phase loads - a wattmeter - how to connect it to a circuit to measure active power and calculate reactive power and apparent power with an example solution - measuring power using a wattmeter and a voltage - how to find the total power in this way and in the connected state Star and Delta.			
Week 21	**4**	-Magnetism - the magnetic circuit - an introduction to North and			

		South Pole magnetism - types of magnetic materials - the basic characteristics of magnetic materials - magnetic driving force - magnetic flux density and factors that affect magnetic flux - permeability and its effect – Magnetic circuits and the application of Kirchhoff's laws to them. Solve applied examples of magnetism.			
Week 22	**4**	The intrinsic inductance of the coil (electromagnetic induction) - its definition - the special relationships to find the self-inductance of the coil - the mutual inductance between two coils - and the relationships to find the mutual inductance depending on the type of connection of the two coils, which includes: A- Linkage of a mutually reinforcing sequence B- Reverse serial connection			
Week 23	**4**	Transformers - transformer installation - transformer drawing - features			

		- working principle and special relationships, types of transformers			
Week 24	**4**	Applied Examples			
Week 25 & 26	**4**	Curves of growth and decay of current from a dead circuit - explanation of this circuit and its effect on direct current - the general relationship of growth and decay of current in a coil - drawing the current and calculating the time constant			
Week 27	**4**	Applied Examples			
Week 28 & 29	**4**	Charging and discharging capacitors. It includes the use of capacitors in direct current circuits. The general relationship of charging and discharging a capacitor and current drawing - the effect of the time constant and its calculation.			
Week 30	**4**	Applied Examples			

11- Course Evaluation
Distribution of the grade out of 100 according to the tasks assigned to the student, such as : - Daily preparation, daily oral Discussion and Contribution. - Monthly written exams, reports, etc. - The Accumulative grade through the year should be 50 degree - Final exam should be 50 degree.

12- Learning and Teaching Resources	
Required Textbooks (Curricular books , any)	Introductory to circuit Analysis - Boylestad
Main References (Sources)	
Recommended Books References	
Electronic References - Websites	

مقدمة عامة عن مادة الدوائر الكهربائية

الحقيبة الدراسية المتكاملة لطلبة المرحلة الأولى

تقدّم هذه الحقيبة الدراسية بناءً متكاملاً لمادة الدوائر الكهربائية، ينتقل بالطالب تدريجياً من المفاهيم الأساسية)التيار، الجهد، المقاومة، وقانون أوم (إلى طرق التحليل الممنهجة للدوائر الكهربائية بأنواعها التوالي، التوازي، والدوائر المختلطة، مروراً بنظريات التحليل المتقدمة ثيفنن، نورتن، التراكب، تحليل العُقد والحلقات، وصولاً إلى أساسيات دوائر التيار المتردد (AC) وعامل القدرة .صُممت المادة عبر 245شريحة موزّعة على 28 محاضرة، بما يراعي الخلفية العلمية لطلبة المرحلة الأولى ويؤسس لمفاهيم متطلبات المواد اللاحقة في التخصص.

م.م .سرى سلام كمال الدين

معدّ الحقيبة الدراسية

خارطة طريق المادة

خمس وحدات دراسية متسلسلة تغطي محاور الدوائر الكهربائية كاملة

م.م .سرى سلام كمال الدين

١	**أساسيات الكهرباء** المحاضرات 1–2	تعريف الكهرباء وأنواعها، التيار، الجهد، المقاومة، وقانون أوم
٢	**تحليل الدوائر الأساسي** المحاضرات 3–8	دوائر التوالي والتوازي، الدوائر المختلطة، الربط النجمي والمثلثي
٣	**طرق التحليل المتقدمة** المحاضرات 9–18	KCLوKVL، مقسّم الجهد والتيار، تحليل العُقد والحلقات، نظريات ثيفنن ونورتن والتراكب
٤	**القدرة والمصادر** المحاضرات 19–24	القدرة والطاقة الكهربائية، تحويل المصادر، نظرية انتقال القدرة العظمى
٥	**التيار المتردد (AC)** المحاضرات 25–28	مقدمة في AC، عامل القدرة وتحسينه، تحويلات دوائر ACإلى المجال الطوري

نظرة شاملة عن المادة

م.م .سرى سلام كمال الدين

أ الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى في قسم تقنيات الإلكترونيك والاتصالات، المعهد التقني -نجف، جامعة الفرات الأوسط التقنية.

ب المبررات

- مادة الدوائر الكهربائية هي الركيزة التأسيسية التي تُبنى عليها جميع مواد التخصصات الكهربائية والإلكترونية والاتصالات اللاحقة.
- فهم الدوائر الكهربائية ضروري لاستيعاب مبدأ عمل الأجهزة والأنظمة الإلكترونية وأنظمة الاتصالات التي سيتعامل معها الطالب مستقبلاً.
- تُنمّي المادة مهارات التحليل المنطقي وحل المشكلات لدى الطالب باستخدام القوانين والنظريات الرياضية والفيزيائية.
- تؤهّل الطالب عملياً للتعامل مع الدوائر الكهربائية والإلكترونية في المختبرات التطبيقية وسوق العمل.
- تمثل حجر الأساس لمواد متقدمة لاحقة كالإلكترونيات، أنظمة الاتصالات، ومعالجة الإشارات.

ج

الفكرة المركزية

دراسة السلوك الكمّي والنوعي للتيار والجهد والقدرة داخل الدوائر الكهربائية بمختلف تكويناتها توالي، توازي، مختلطة، باستخدام القوانين والنظريات الأساسية قانون أوم، قانونا كيرشوف، نظريات الشبكات، بهدف تمكين الطالب من تحليل وحل أي دائرة كهربائية تعمل بالتيار المستمر (DC) أو المتردد (AC) بثقة ودقة.

م.م .سرى سلام كمال الدين

المحاضرة 1st: تعريف الكهرباء وأنواعها
Introduction to Electricity and Its Types



م.م. سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني- نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

الاختبار القبلي(Pre-Test)

عزيزي الطالب، يرجى الإجابة عن السؤالين التاليين لاختبار معلوماتك السابقة قبل البدء بمحتوى المحاضرة:

1 ما هي الجسيمات الذرية التي تتسبب حركتها بين الذرات في توليد الكهرباء؟

- أ) البروتونات (Protons)
- ب) الإلكترونات (Electrons)
- ج) النيوترونات (Neutrons)

2 ما نوع الكهرباء الناتج عن تراكم الشحنات على سطح المادة دون وجود تدفق مستمر للتيار؟

- أ) الكهرباء الساكنة (Static Electricity)
- ب) التيار المستمر (DC Current)
- ج) التيار المتناوب (AC Current)

تنبيه :هذا الاختبار لقياس المعرفة القبلية وسنراجع الإجابات النموذجية في الصفحة التالية.

تعريف الكهرباء وأنواعها

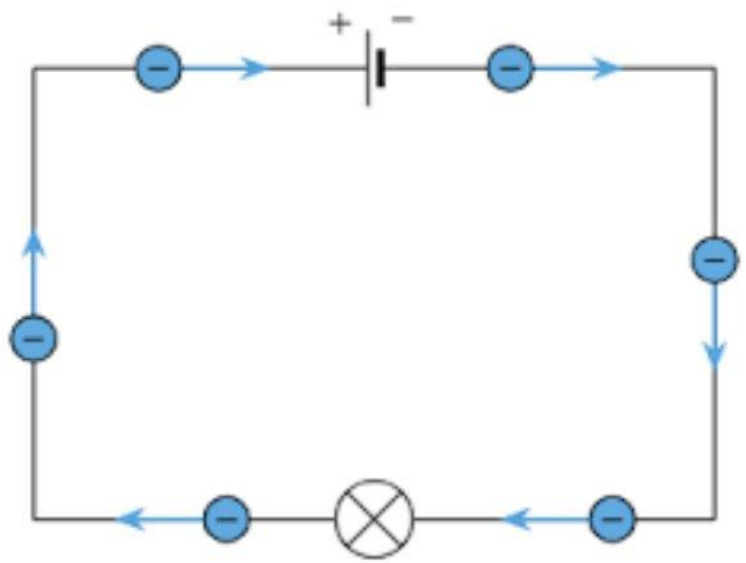
الهدف من المحاضرة:

- التعرّف على مفهوم الكهرباء وأنواعها
- فهم الفرق بين الكهرباء الساكنة والكهرباء المتحركة.

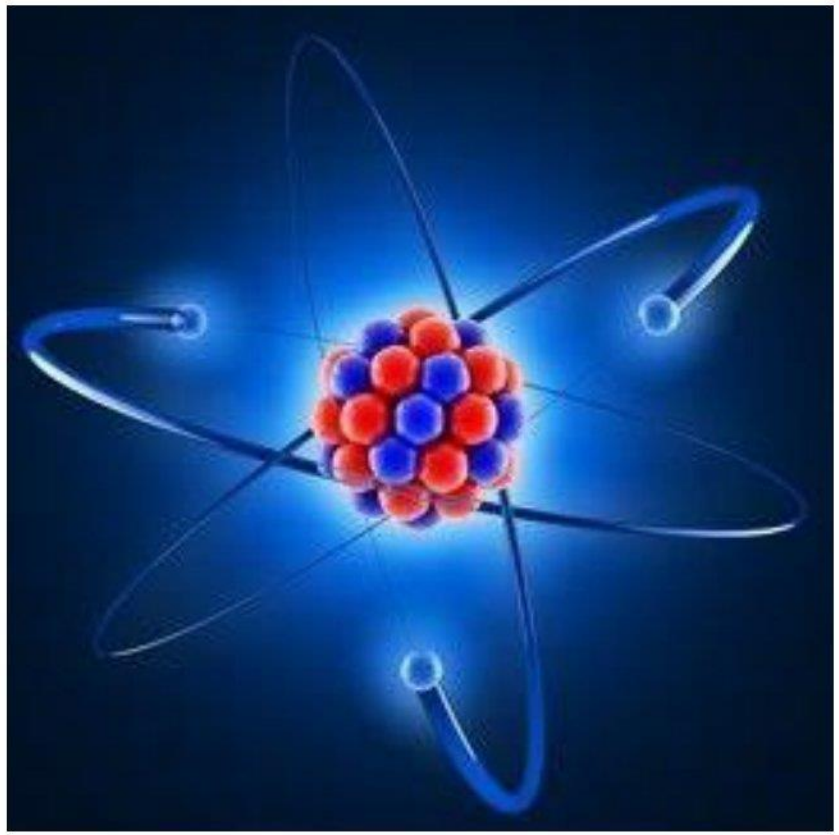


What is Electricity? ما هي الكهرباء؟

- ✓ الكهرباء هي شكل من أشكال الطاقة ناتج عن حركة أو تراكم الشحنات الكهربائية (Electric Charges).
- ✓ تُستخدم الكهرباء في تشغيل الأجهزة، الإضاءة، المحركات، وأنظمة الاتصال.
- ✓الكهرباء = حركة الإلكترونات (Electrons) بين الذرات.
- ✓أمثلة يومية: المصابيح، الهواتف، المراوح، التلفاز.



مكونات المادة والشحنة الكهربائية



- كل مادة تتكوّن من ذرات (Atoms).
- الذرة تحتوي على:

بروتونات (Protons) موجبة الشحنة.

إلكترونات (Electrons) سالبة الشحنة.

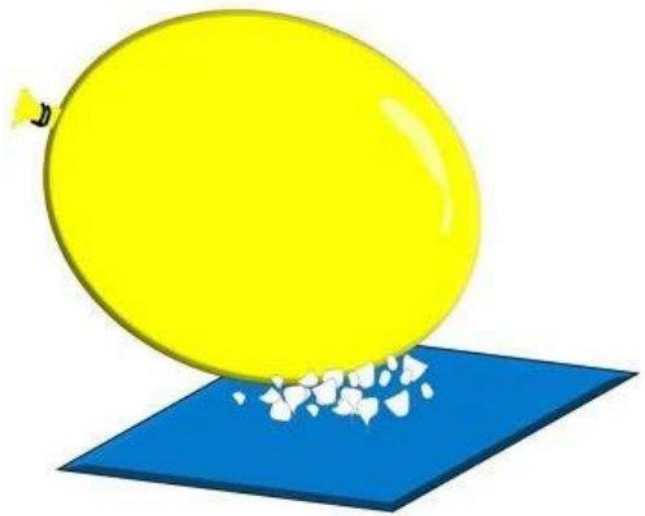
نيوترونات (Neutrons) متعادلة.

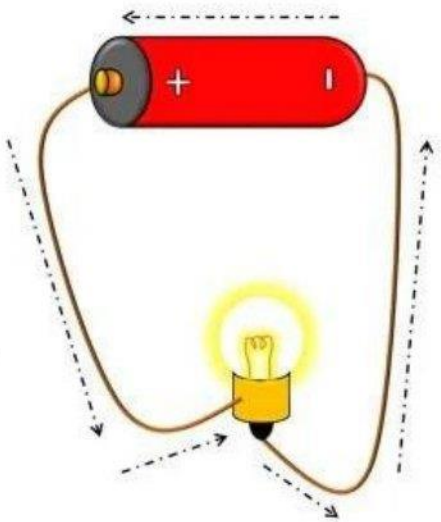
- عندما تتحرك الإلكترونات بين الذرات، تتولد الكهرباء.

أنواع الكهرباء (Types of Electricity)

الكهرباء تنقسم إلى نوعين رئيسيين:

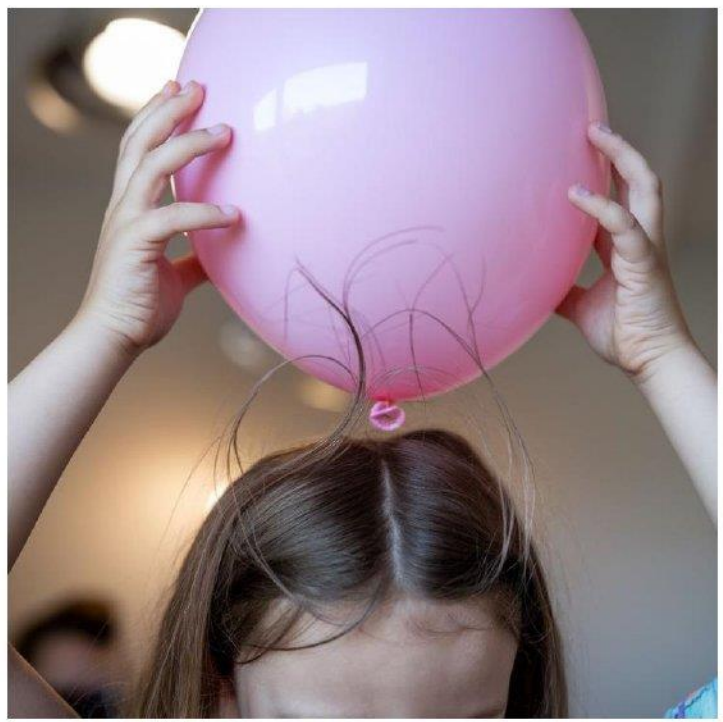
1. الكهرباء الساكنة (Static Electricity)
2. الكهرباء المتحركة أو التيار الكهربائي (Current Electricity)





الكهرباء الساكنة (Static Electricity)

هي كهرباء ناتجة عن تراكم الشحنات على سطح مادة دون أن تتحرك.
تحدث بسبب احتكاك(Friction) بين مادتين مختلفتين.



مثال:
عند فرك البالون بالشعر، تنتقل إلكترونات من الشعر إلى البالون فينجذب الشعر إلى البالون.

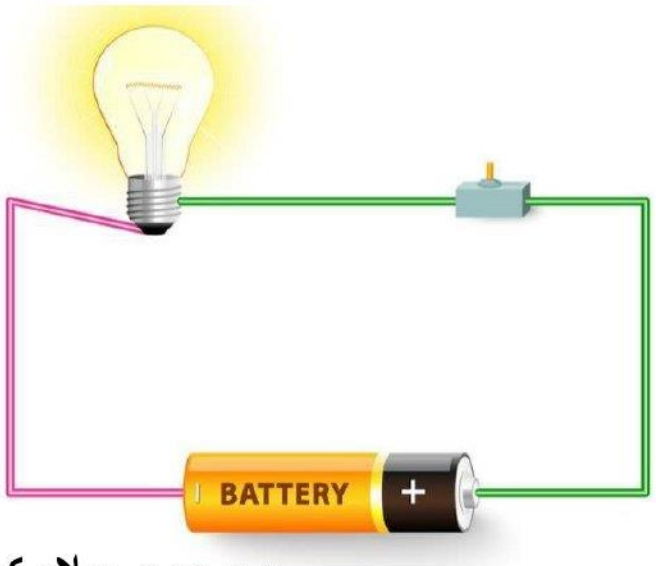
- لا يوجد تدفق مستمر للتيار في الكهرباء الساكنة.

الكهرباء المتحركة (Current Electricity)

هي الكهرباء الناتجة عن حركة الإلكترونات في دائرة مغلقة.

عند توصيل بطارية بسلك ومصباح، تتحرك الإلكترونات من القطب السالب إلى الموجب.

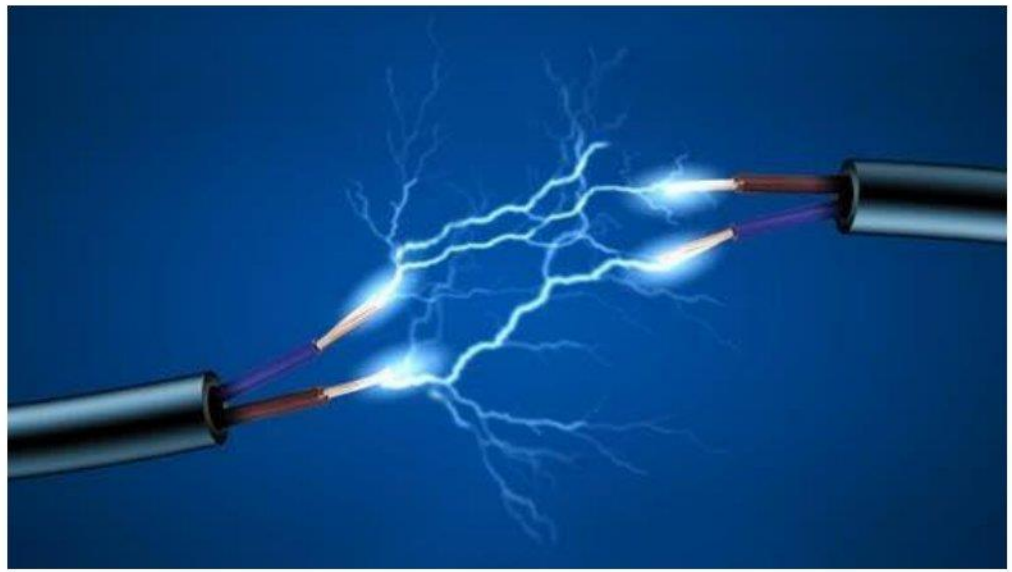
- هذا التدفق المستمر يسمى التيار الكهربائي(Electric Current).



أنواع التيار:

- تيار مستمر DC (Direct Current) مثل البطاريات.
- تيار متناوب AC (Alternating Current) مثل الكهرباء المنزلية.

الخلاصة



في هذه المحاضرة تعلّمنا:

- ✓ ما هي الكهرباء.
- ✓ الفرق بين الكهرباء الساكنة والكهرباء المتحركة.
- ✓ أن حركة الإلكترونات هي سبب التيار الكهربائي.
- ✓ أن الكهرباء أساس عمل جميع الأجهزة حولنا.
- 🗨 في المحاضرة القادمة سنتعرف على الشحنة الكهربائية، التيار، الجهد، والمقاومة بالتفصيل.

اختبار نهاية المحاضرة (واجب منزلى)

Q1\ What is electricity?

Q2\ List the two types of electricity and give one example of each.

Q3\ In which type of electricity do electrons move in a closed circuit?

Q4\ What is the difference between DC and AC?



إجابات الاختبار القبلي ودليل الاختبار البعدي

المحاضرة 1: المراجع والحلول

إجابات الاختبار القبلي

س 1: الخيار ب الإلكترونات (Electrons)

السبب: الكهرباء هي عبارة عن حركة الإلكترونات سالبة الشحنة بين الذرات في المادة.

س 2: الخيار أ الكهرباء الساكنة (Static Electricity)

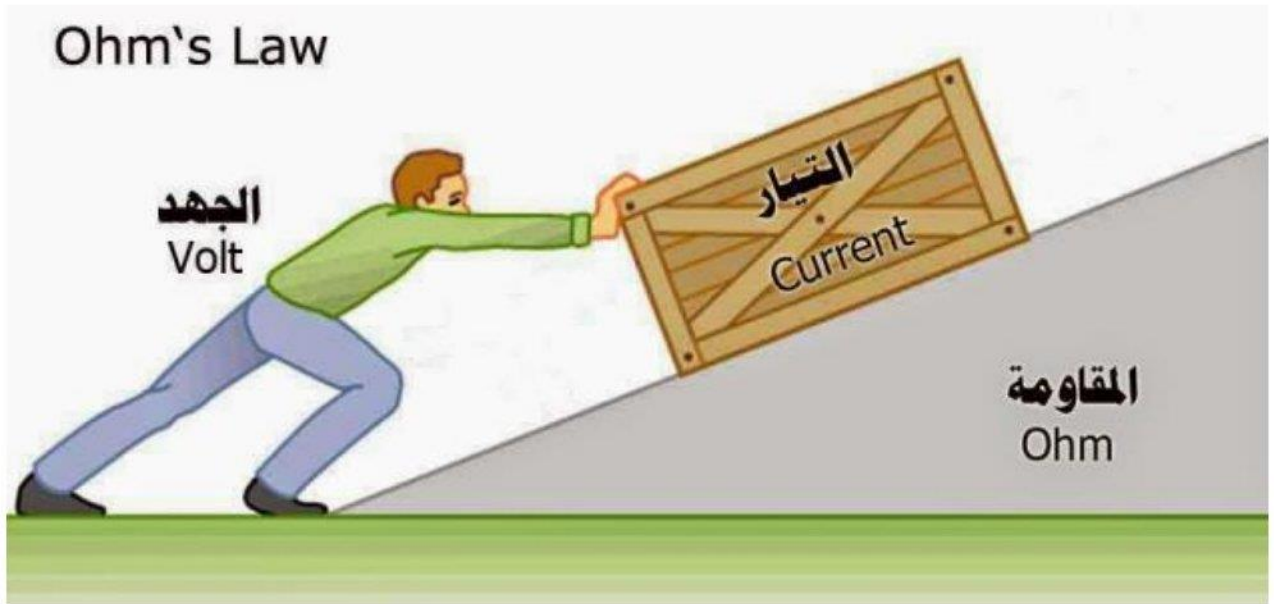
السبب: تنشأ نتيجة احتكاك المواد وتراكم الشحنات على السطح دون تدفق مستمر في دائرة.

دليل إجابات الاختبار البعدي (الواجب المنزلي)

السؤال في الاختبار البعدي	رقم الصفحة المرجعية
Q1\ What is electricity?	الصفحة 4
Q2\ List two types of electricity with examples	الصفحات 6, 7, 8
Q3\ In which type do electrons move in a closed circuit?	الصفحة 8
Q4\ What is the difference between DC and AC?	الصفحة 8

ملاحظة للمراجعة: يمكن الرجوع لأرقام الصفحات الموضحة أعلاه للتحقق من إجابات أسئلة "اختبار نهاية المحاضرة".

المحاضرة 2nd: التيار الكهربائي، الجهد، المقاومة ، قانون أوم



م.م. سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني- نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

الاختبار القبلي(Pre-Test)

عزيزي الطالب، يرجى الإجابة عن السؤالين التاليين لقياس حصيلتك العلمية قبل البدء بالمحاضرة:

1 **ما هي وحدة قياس المقاومة الكهربائية (Resistance)في الدوائر الكهربائية؟**

- ☐ أ) الفولت (Volt)
- ☐ ب) الأمبير (Ampere)
- ☐ ج) الأوم (Ohm - Ω)

2 **وفقاً لقانون أوم (Ohm's Law)، ما الصيغة الرياضية الصحيحة لحساب الجهد الكهربائي (V)؟**

- ☐ أ) V = I × R
- ☐ ب) V = I / R
- ☐ ج) V = R / I

ملاحظة :هذا الاختبار مخصص لقياس المعرفة القبلية، وسنراجع الإجابات النموذجية في الصفحات التالية.

أهداف المحاضرة

بعد انتهاء هذه المحاضرة سيكون الطالب قادرًا على:

- تعريف التيار والجهد والمقاومة.
- فهم العلاقة بين هذه الكميات الكهربائية.
- معرفة وحدات القياس والأجهزة المستخدمة لكل منها.
- تطبيق قانون أوم (Ohm’s Law) في الحسابات البسيطة.

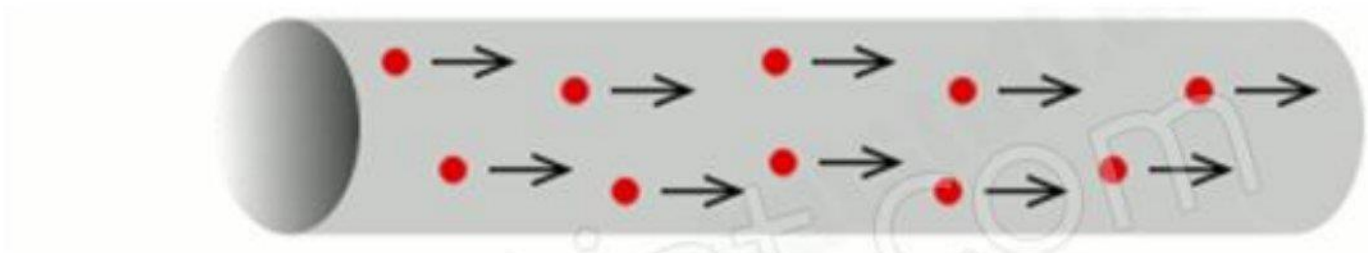
الشحنة الكهربائية (Electric Charge – Q)

كل مادة تتكوّن من ذرات تحتوي على إلكترونات سالبة وبروتونات موجبة.
عندما تفقد الذرة أو تكتسب إلكترونات، تتكوّن شحنة كهربائية.
تقاس الشحنة بوحدة الكولوم (Coulomb – C)
رمزها: Q

💡معلومة مهمة:
1 كولوم = شحنة 6.25×10^{18} إلكترون.

التيار الكهربائى (Electric Current – I)

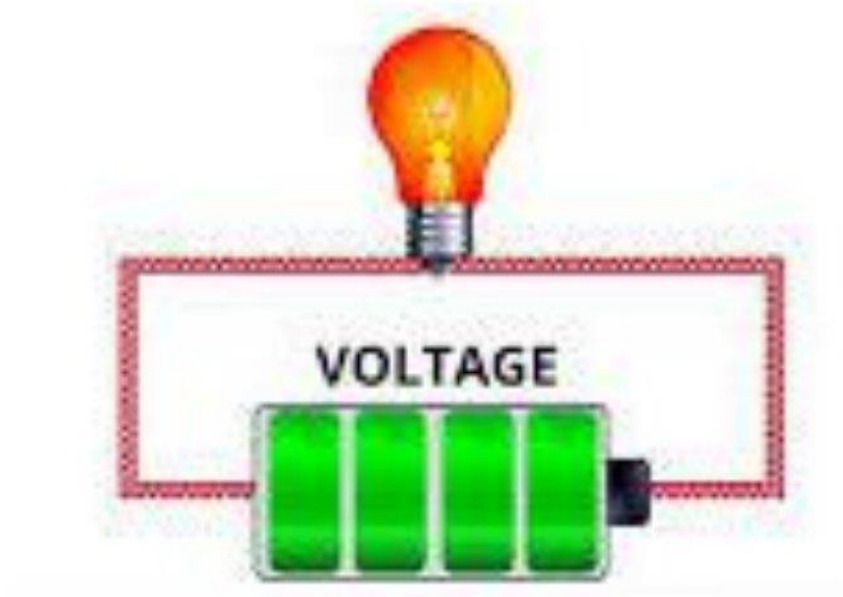
- هو تدفق الشحنات الكهربائية (عادة إلكترونات) في سلك موصل.
- يحدث التيار عندما توجد فولتية (جهد) تدفع الشحنات للتحرك.
- يقاس التيار بوحدة الأمبير (Ampere – A)
- رمزه: I



الجهد الكهربائى أو الفولتية (Voltage – V)

الجهد هو القوة التي تدفع الإلكترونات للتحرك في الدائرة.

- يُشبه الضغط الذي يدفع الماء في الأنبوب.
- يقاس بوحدة الفولت (Volt – V).
- رمزه: V



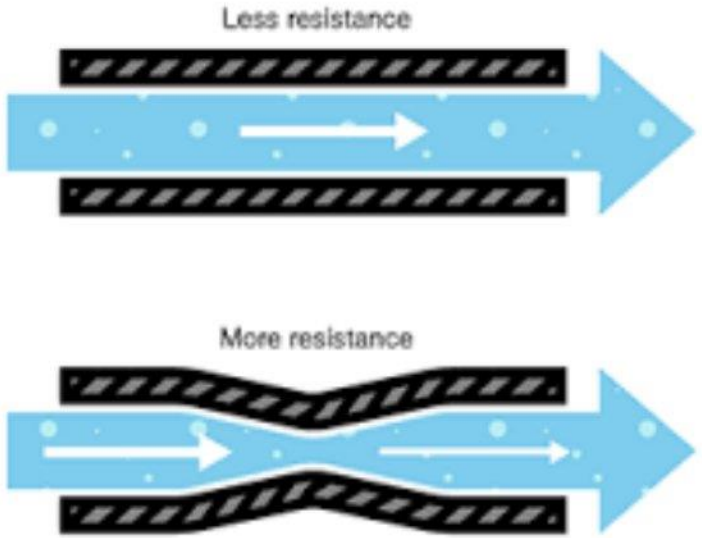
مفهوم بسيط:

إذا لم يوجد فرق جهد بين نقطتين، فلن يتحرك التيار بينهما.

المقاومة الكهربائية (Resistance – R)

هي الممانعة التي تبديها المادة ضد مرور التيار الكهربائي.

- كلما زادت المقاومة، قلّ التيار المار.
- تقاس بوحدة الأوم (Ohm – Ω)
- رمزها: R



أمثلة:

سلك نحاسي: مقاومته صغيرة جدًا.

سلك من الكربون: مقاومته كبيرة.

⚖ قانون أوم (Ohm’s Law)

العلاقة الأساسية بين الجهد والتيار والمقاومة:

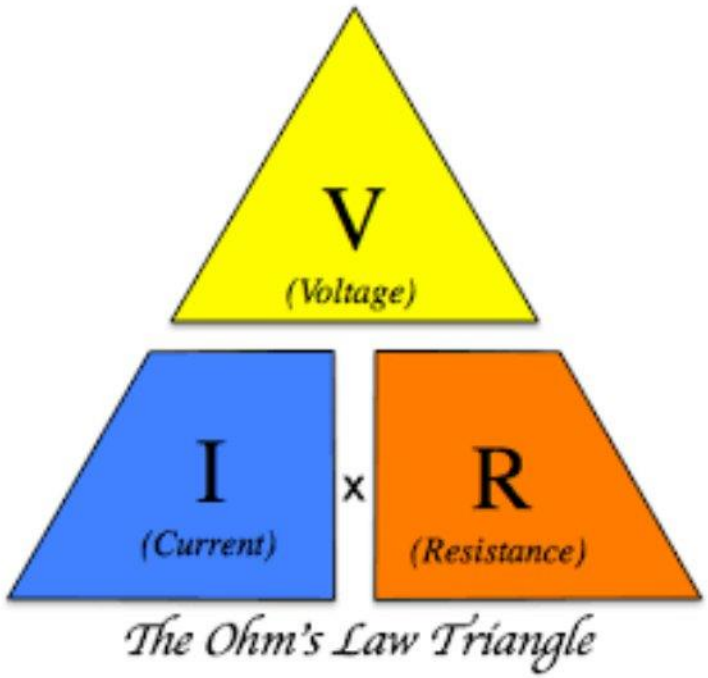
$$V = I \times R$$

حيث:

V: الجهد الكهربائي (Volt)

I: التيار الكهربائي (Ampere)

R: المقاومة (Ohm)



💡 إذا عرفت اثنين، يمكنك حساب الثالث!

أمثلة تطبيقية

Example 1:

If the resistance = 10Ω and the current = 2A, calculate the voltage.

V = I × R = 2 × 10 = 20V

Example 2:

If the voltage is 12 V and the resistance is 6 Ω, calculate the current.

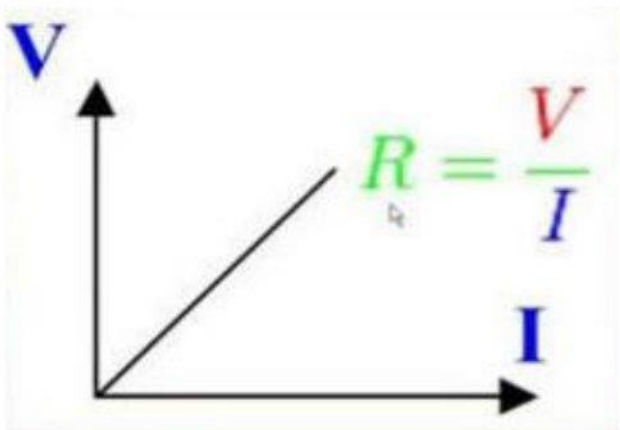
I = V / R = 12 / 6 = 2 A

م.م. سرى سلام كمال الدين

الاستنتاج (Summary)

- ✓ التيار هو حركة الشحنات.
- ✓ الجهد هو القوة التي تدفع الشحنات.
- ✓ المقاومة هي الممانعة ضد مرور الشحنات.
- ✓ ترتبط الكميات الثلاث بعلاقة قانون أوم:

$$V = I \times R$$



اختبار نهاية المحاضرة (واجب منزلى)

Answer the following questions:

1. **What is the definition of electric current? What is its unit?**
2. **What is the difference between voltage and resistance?**
3. **If the resistance of a circuit is 4 Ω and the source voltage is 12 V, calculate the current.**
4. **In a circuit where the current is**

3 A and the voltage is 9 V, calculate

the resistance.



م.م. سرى سلام كمال الدين

ل الاختبار القبلي ودليل إجابات الواجب المنزلي

إجابات الاختبار القبلي

س 1: الخيار ج : الأوم (Ohm - Ω)

السبب: المقاومة هي الممانعة التي تبديها المادة ضد مرور التيار، وتقاس رسمياً بوحدة الأوم.

س 2: الخيار أ : $V = I \times R$

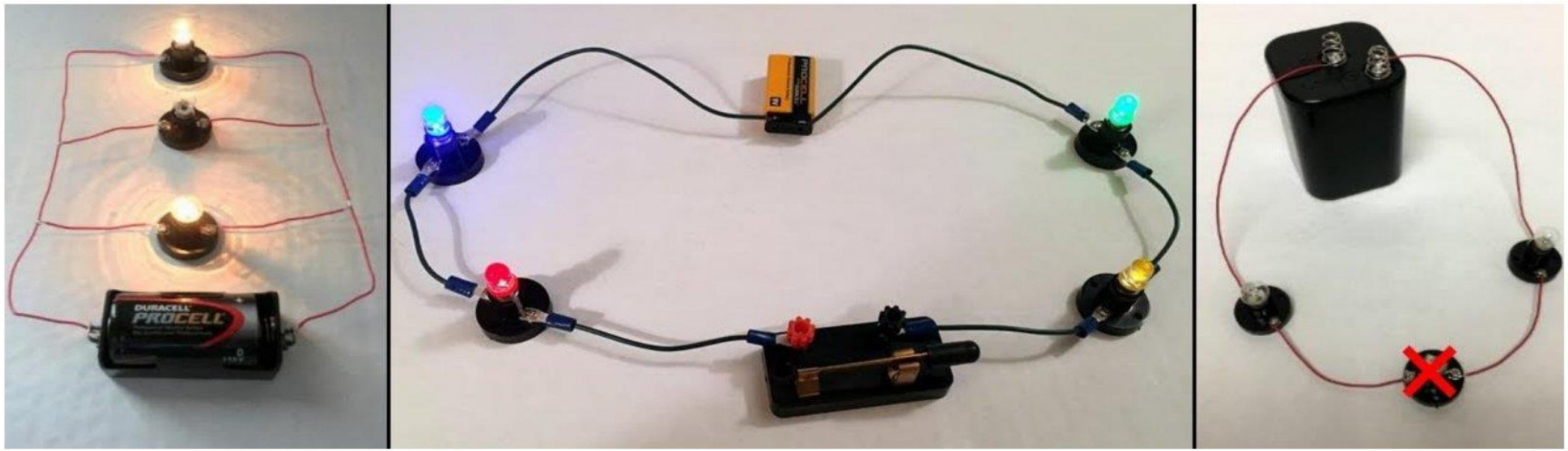
السبب: ينص قانون أوم الأساسي على أن الجهد الكهربائي يساوي حاصل ضرب التيار في المقاومة.

دليل إجابات الاختبار البعدي الواجب المنزلي

السؤال في اختبار نهاية المحاضرة	رقم الصفحة المرجعية
Q1\ Definition of electric current & unit	الصفحة 5
Q2\ Difference between voltage & resistance	الصفحات 7 و 9
Q3\ Calculate current (R = 4 Ω, V = 12 V)	الصفحات 10 و 11
Q4\ Calculate resistance (I = 3 A, V = 9 V)	الصفحات 10 و 11

ملاحظة للمراجعة: يمكن للطلبة الرجوع لأرقام الصفحات (السلايدات) الواجب المنزلي أعلاه للتأكد من حلول أسئلة الموضحة.

المحاضرة 3rd & 4th: دوائر التوالي والتوازي
Series and Parallel Circuits



م.م. سرى سلام كمال الدين

المعهد التقني- نجف

قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

الاختبار القبلي (Pre-Test)

عزيزي الطالب، يرجى الإجابة عن السؤالين التاليين لاختبار حصيلتك العلمية من المحاضرة السابقة:

1 ماذا يحدث لشدة التيار الكهربائي في الدائرة عند زيادة المقاومة مع ثبات الجهد؟

- ☐ **أ) تزداد شدة التيار**
- ☐ **ب) تقل شدة التيار**
- ☐ **ج) تبقى ثابتة لا تتغير**

2 ما هو الجهاز الكهربائي المستخدم لقياس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين؟

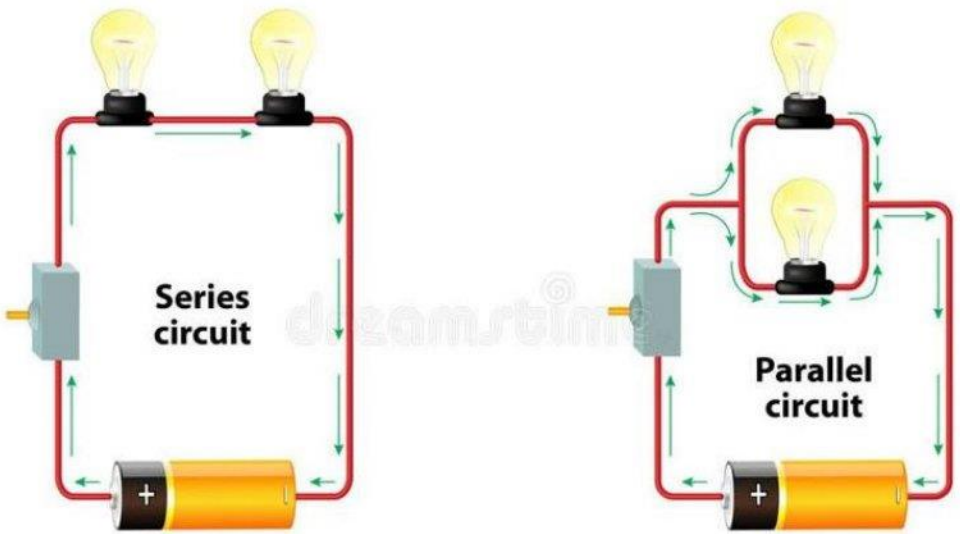
- ☐ **أ) الأميتر (Ammeter)**
- ☐ **ب) الأوميتر (Ohmmeter)**
- ☐ **ج) الفولتميتر (Voltmeter)**

ملاحظة :هذا الاختبار لقياس المعرفة القبلية حول قانون أوم، وسنراجع الإجابات النموذجية في الصفحات التالية.

أهداف المحاضرة

بعد انتهاء هذه المحاضرة سيكون الطالب قادرًا على:

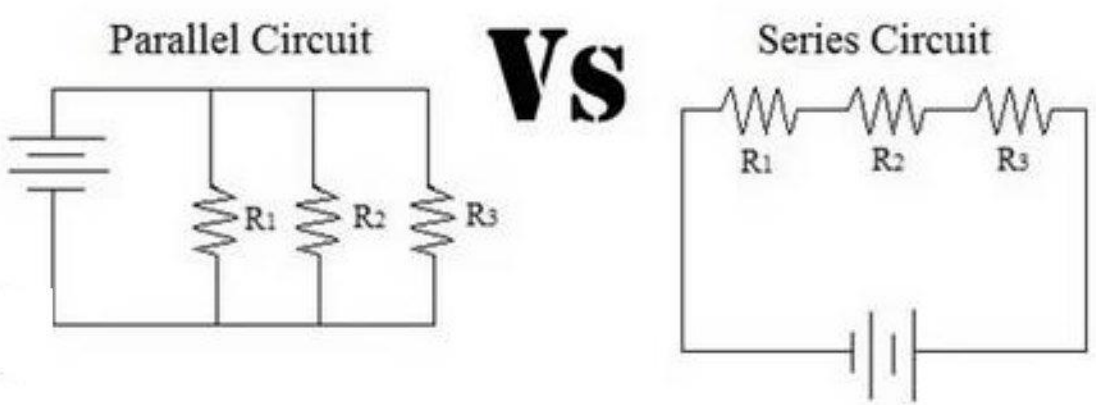
- أن يميز الفرق بين دائرة التوالي ودائرة التوازي
- أن يحسب التيار والجهد والمقاومة في كل نوع.



Introduction مقدمة

عند توصيل أكثر من مقاومة في دائرة كهربائية، يمكن توصيلها بعدة طرق، أهمها طريقتان:

- ✓ التوصيل على التوالي: تمر نفس قيمة التيار في جميع المقاومات.
- ✓ التوصيل على التوازي: يكون الجهد متساويًا عبر جميع المقاومات.



دائرة التوالي (Series Circuit)

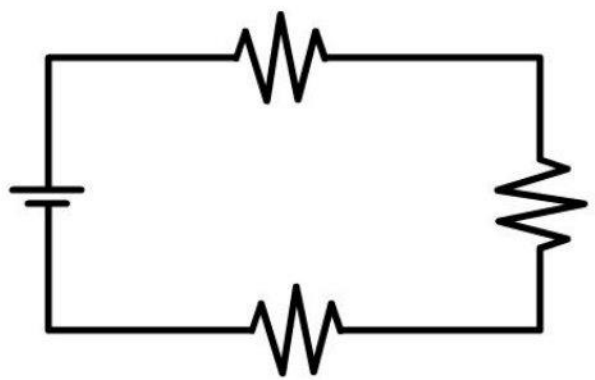
في دائرة التوالي:

- يمر نفس التيار عبر كل عنصر من عناصر الدائرة. $I_t = I_1 = I_2 = I_3$
- يتوزع الجهد الكهربائي على المقاومات حسب قيمتها.

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3$$

- المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات:

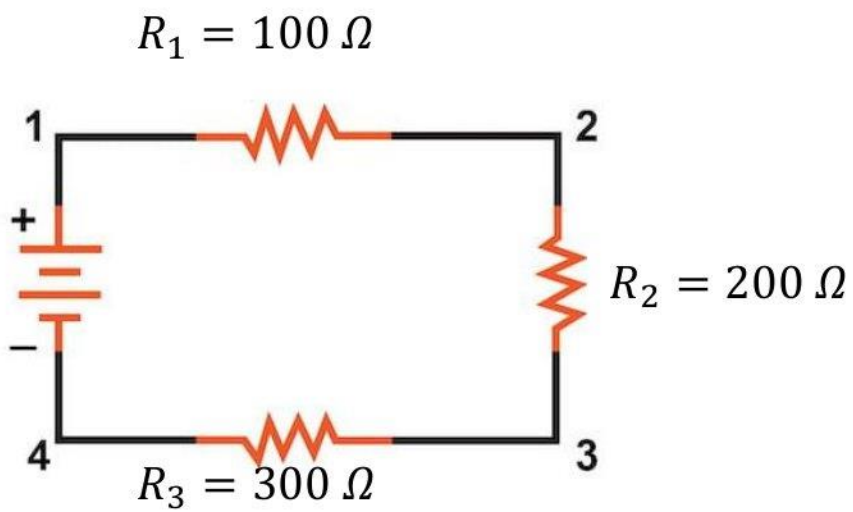
$$R_{equ} = R_1 + R_2 + R_3$$



مثال على دائرة التوالي

إذا كان لدينا ثلاث مقاومات متوالية قيمها:

$$R_1 = 100\ \Omega$$
$$R_2 = 200\ \Omega$$
$$R_3 = 300\ \Omega$$



فإن المقاومة الكلية (المكافئة) هي:

$$R_{equ} = 100 + 200 + 300 = 600\ \Omega$$

ملاحظة: المقاومة المكافئة أكبر من أي مقاومة مفردة في الدائرة.

دائرة التوازي (Parallel Circuit)

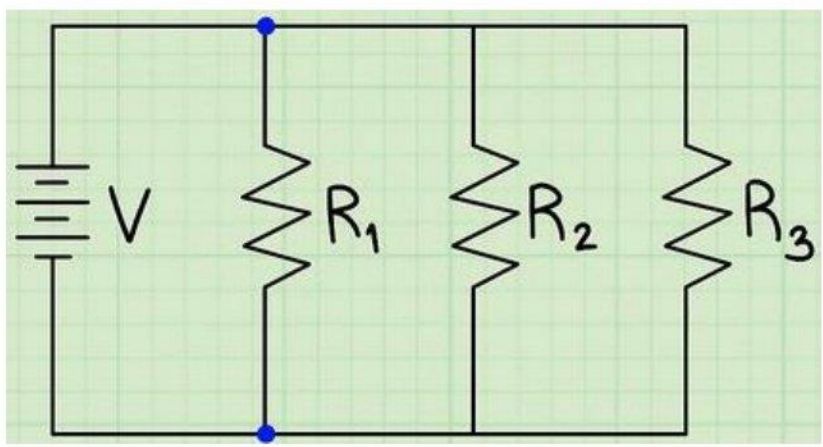
في دائرة التوازي:

- الجهد الكهربائي متساوٍ على كل مقاومة.
- التيار الكهربائي ينقسم بين الفروع.
- المقاومة المكافئة تحسب بالعلاقة:

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R_{equ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



مثال على دائرة التوازي

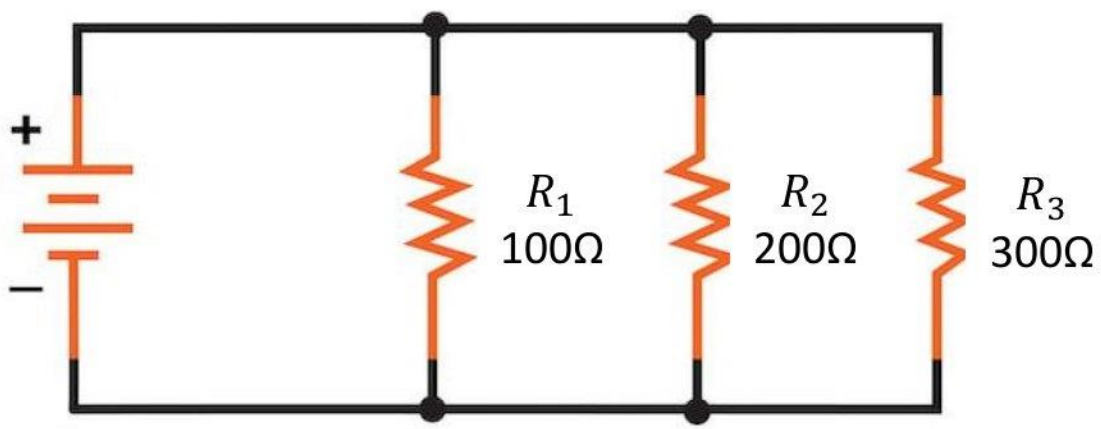
اذا كانت لدينا ثلاث مقاومات متوازية:

$$R_1 = 100\ \Omega$$
$$R_2 = 200\ \Omega$$
$$R_3 = 300\ \Omega$$

فإن المقاومة المكافئة هي:

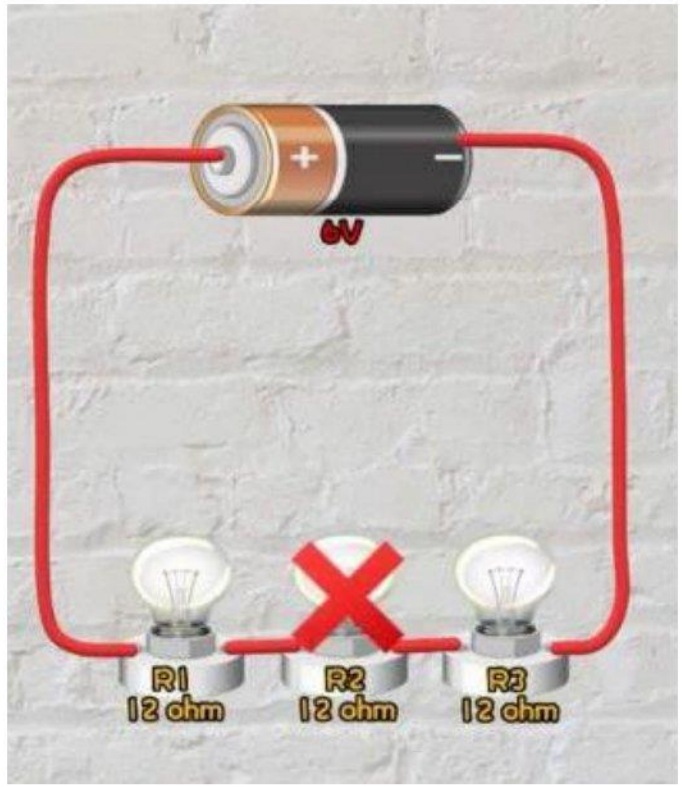
$$\frac{1}{R_{equ}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{300} = 0.0183$$

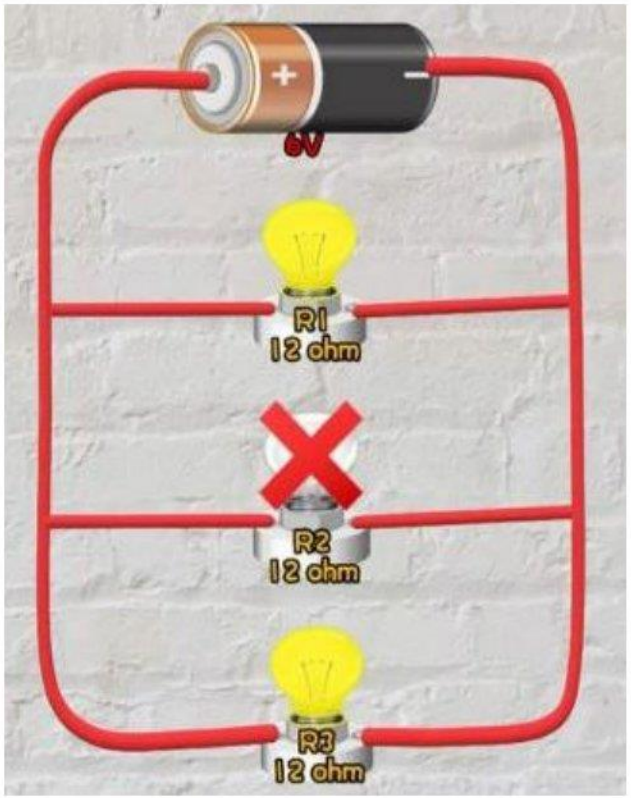
$$\boldsymbol{R_{equ}} = 54.54\ \Omega$$



ملاحظة: المقاومة المكافئة أصغر من أي مقاومة مفردة في الدائرة.

مقارنة بين التوالى والتوازي
(Comparison between Series and Parallel Circuits)





ملخص المحاضرة

نوعا التوصيل: توالى و توازي.

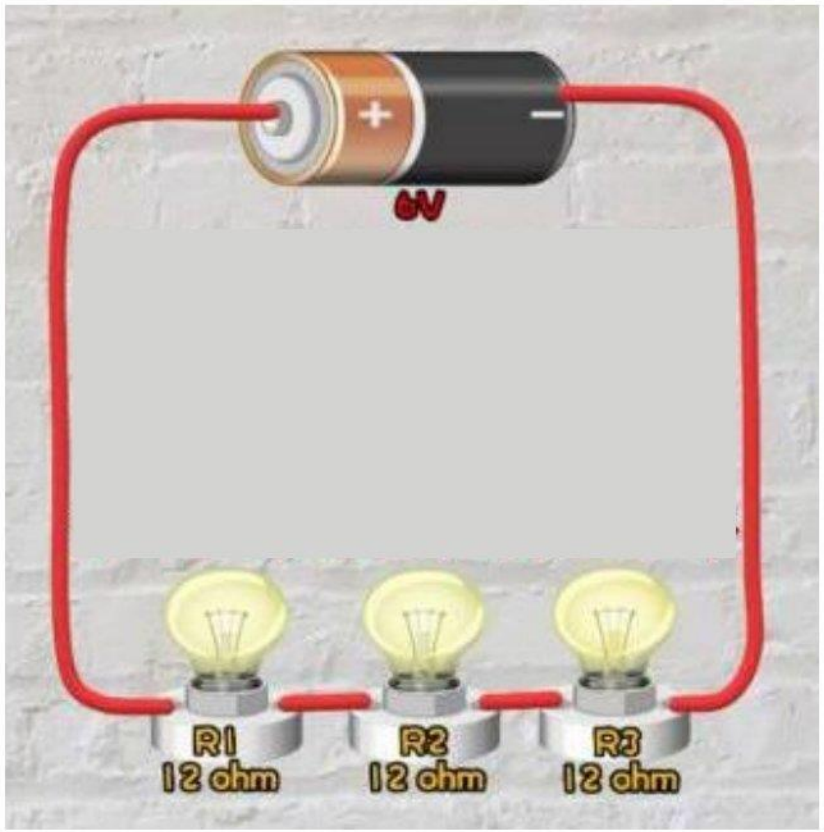
فى التوالى: نفس التيار، جهد مختلف، مجموع المقاومات.
فى التوازي: نفس الجهد، تيار مختلف، مقاومة كلية أقل.

قانون أوم يمكن تطبيقه على كل نوع من التوصيلات.

Homework

1. For the fig. shown, find:

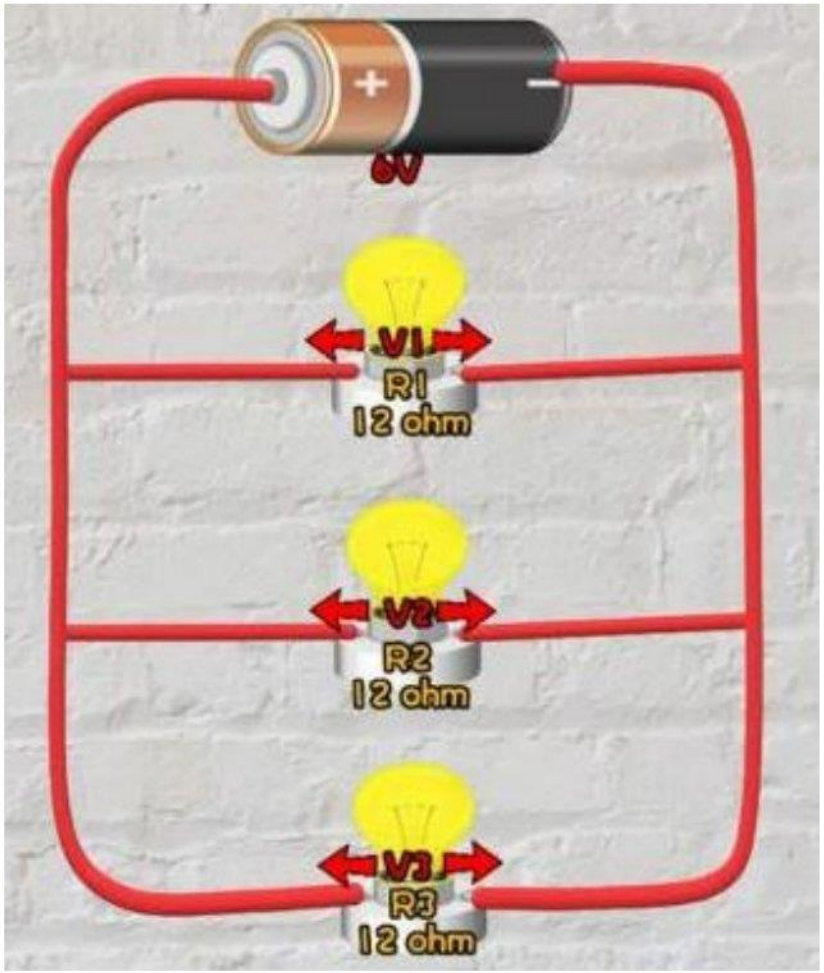
a. R_{equ}
b. I_t
c. I_1
d. I_2
e. I_3
f. V_t
g. V_1
h. V_2
i. V_3



Homework

1. For the fig. shown, find:

a. R_{equ}
b. I_t
c. I_1
d. I_2
e. I_3
f. V_t
g. V_1
h. V_2
i. V_3



الاختبار القبلي ودليل إجابات الواجب المنزلي

إجابات الاختبار القبلي

س 1: الخيار (ب) تقل شدة التيار

السبب: وفقاً لقانون أوم ($I = V / R$)، توجد علاقة عكسية بين التيار والمقاومة عند ثبات الجهد الكهربائي.

س 2: الخيار (ج) الفولتميتر (Voltmeter)

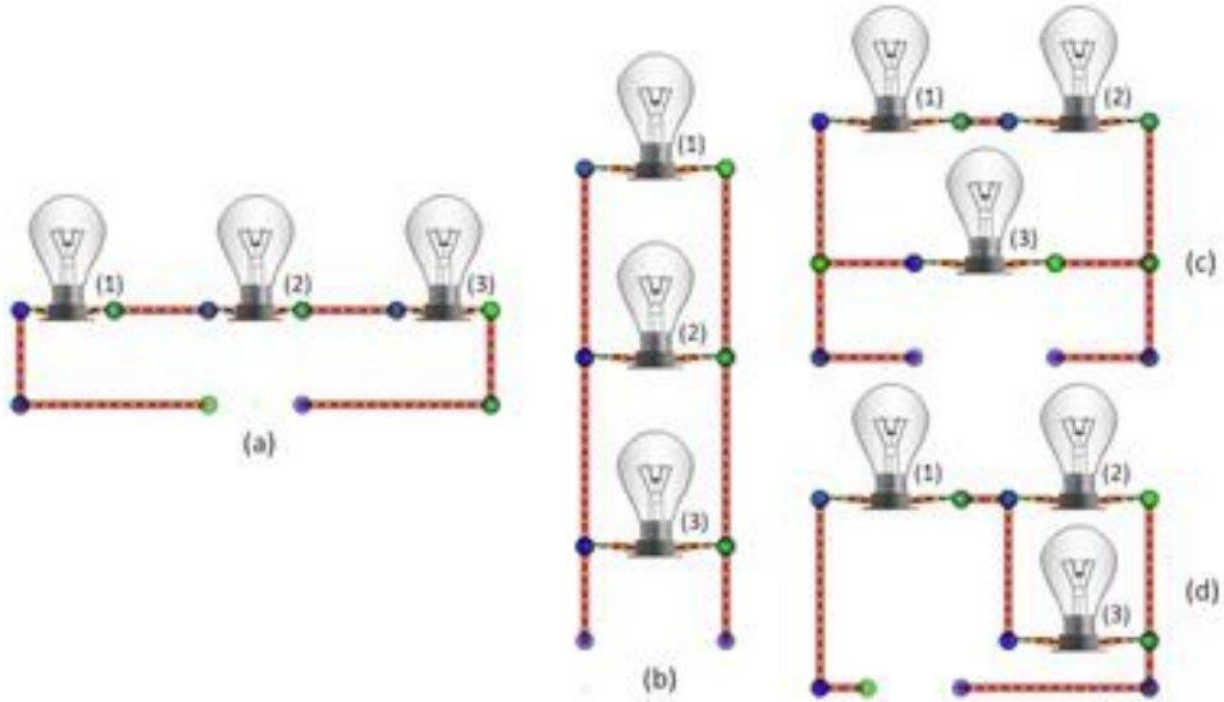
السبب: الفولتميتر هو الجهاز المخصص لقياس فرق الجهد الكهربائي ويتم توصيله على التوازي في الدائرة.

دليل إجابات الاختبار البعدي (الواجب المنزلي)

السؤال في اختبار نهاية المحاضرة	رقم الصفحة المرجعية
س 1\ ميزة التيار الكهربائي في دائرة التوالي	الصفحة 4
س 2\ ميزة الجهد الكهربائي في دائرة التوازي	الصفحة 3
س 3\ قانون حساب المقاومة المكافئة بالتوالي	الصفحة 4
س 4\ مثال حساب المقاومة المكافئة (100, 200, 300 Ω)	الصفحة 5

ملاحظة للمراجعة: يمكن للطلبة الرجوع لأرقام الصفحات الموضحة أعلاه للتأكد من حلول أسئلة الواجب المنزلي (السلايدات).

المحاضرة 5th & 6th : الدوائر المختلطة
Combinational Circuits



م.م. سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني- نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :دوائر التوالي والتوازي (Series and Parallel Circuits)

1 **في دائرة التوصيل على التوالي (Series)، ما الكمّية التي تبقى نفسها عبر جميع المقاومات؟**

ج القدرة

ب التيار

أ الجهد

2 **في دائرة التوصيل على التوازي (Parallel)، ما الكمّية التي تكون متساوية عبر جميع المقاومات؟**

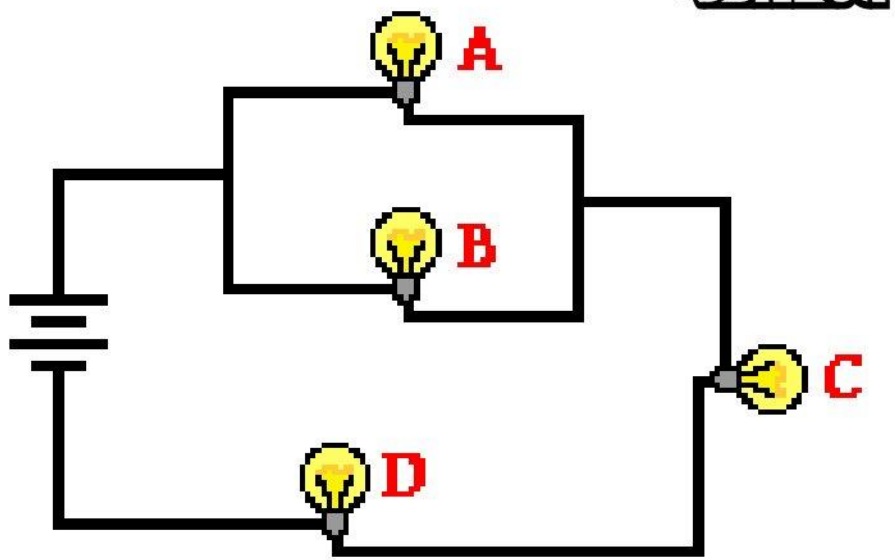
ج المقاومة

ب الجهد

أ التيار

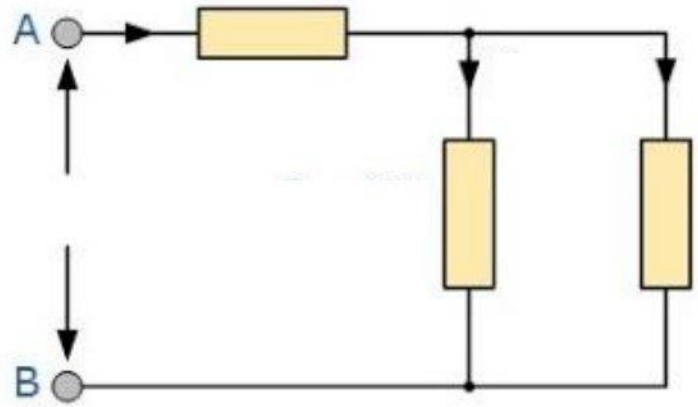
أهداف المحاضرة

- أن يكون الطالب قادرا على تحليل الدوائر التي تحتوي على مقاومات متصلة على التوالي والتوازي معًا.
- أن يتمكن الطالب من حساب المقاومة المكافئة والتيار والفولتية لكل عنصر في الدائرة الكهربائية المختلطة



مقدمة Introduction

الدوائر الكهربائية في الواقع غالبًا ليست سلسلة (Series) فقط ولا توازي (Parallel) فقط.

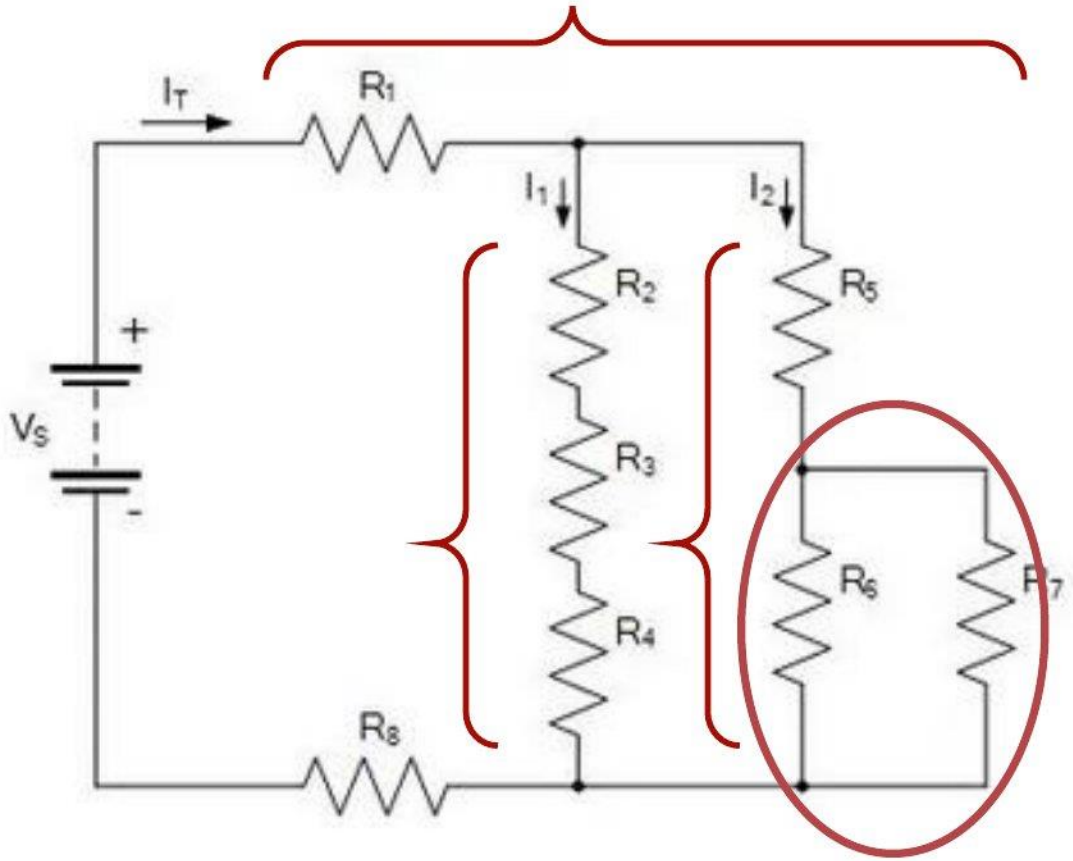


هي تحتاج لتحليل تسلسلي ومنهجي لتحديد:

- المقاومة المكافئة الكلية (R_{equ})
- التيار الكلي (I_t)
- التيار على كل مقاومة $(I_1 \text{ ، } I_2 \text{ ، } I_3 \text{ ، } \ldots.)$
- الجهد على كل مقاومة $(V_1 \text{ ، } V_2 \text{ ، } V_3 \text{ ، } \ldots.)$

غالبًا نحل الدائرة بتقسيمها إلى أجزاء (Series أو Parallel) ثم دمج النتائج.

تحليل الدوائر



ملاحظات حول تحليل الدوائر:

- فصل الفروع المتوازية وحساب مقاومتها المكافئة.
- دمج المقاومات على التوالي مع باقي الدائرة.
- حساب التيار والجهد باستخدام قانون أوم لكل جزء.
- توخي الدقة عند التعامل مع فروع المقاومات المختلفة.

Example 1

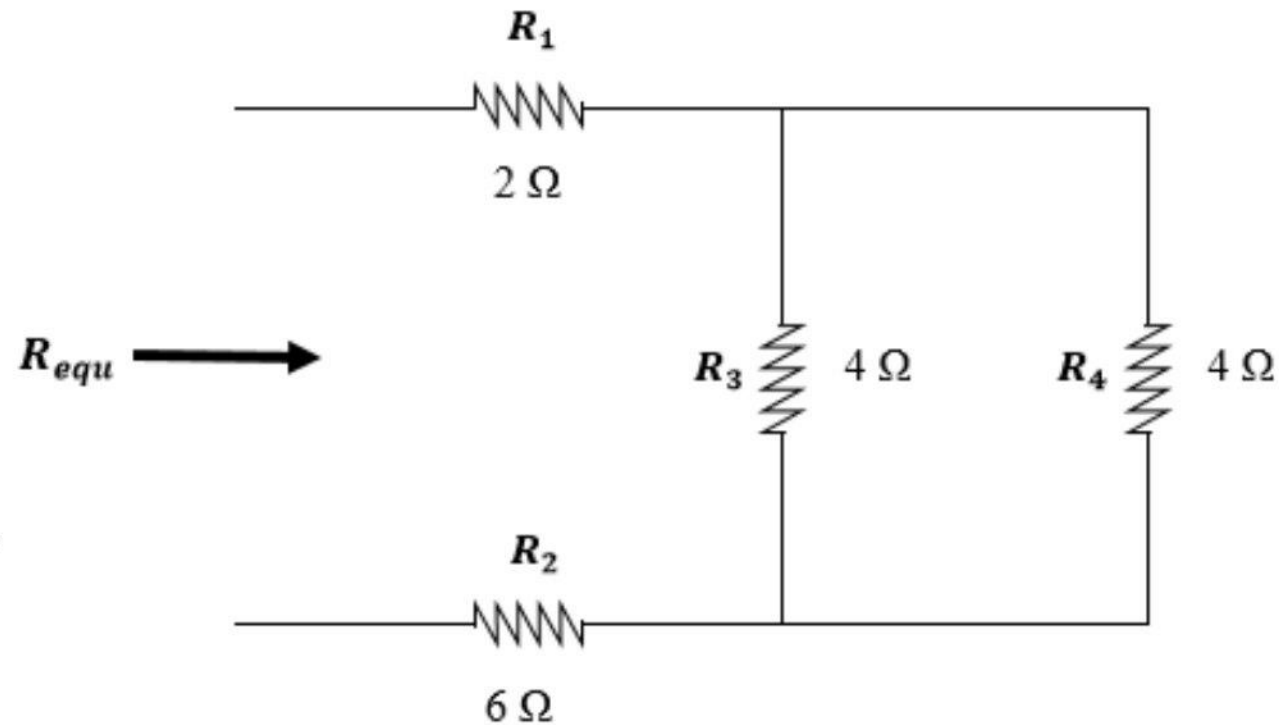
For the circuit shown, find R_{equ}.

Sol.

نبدأ بالمقاومات الأكثر بعدا ونحدد فيما اذا كانت علاقتها مع بعض توالي او توازي وصولا الى المقاومات الأقرب.

لا نتوقف حتى نحصل على مقاومة واحدة من كل المقاومات، تمثل:

R_{equ}



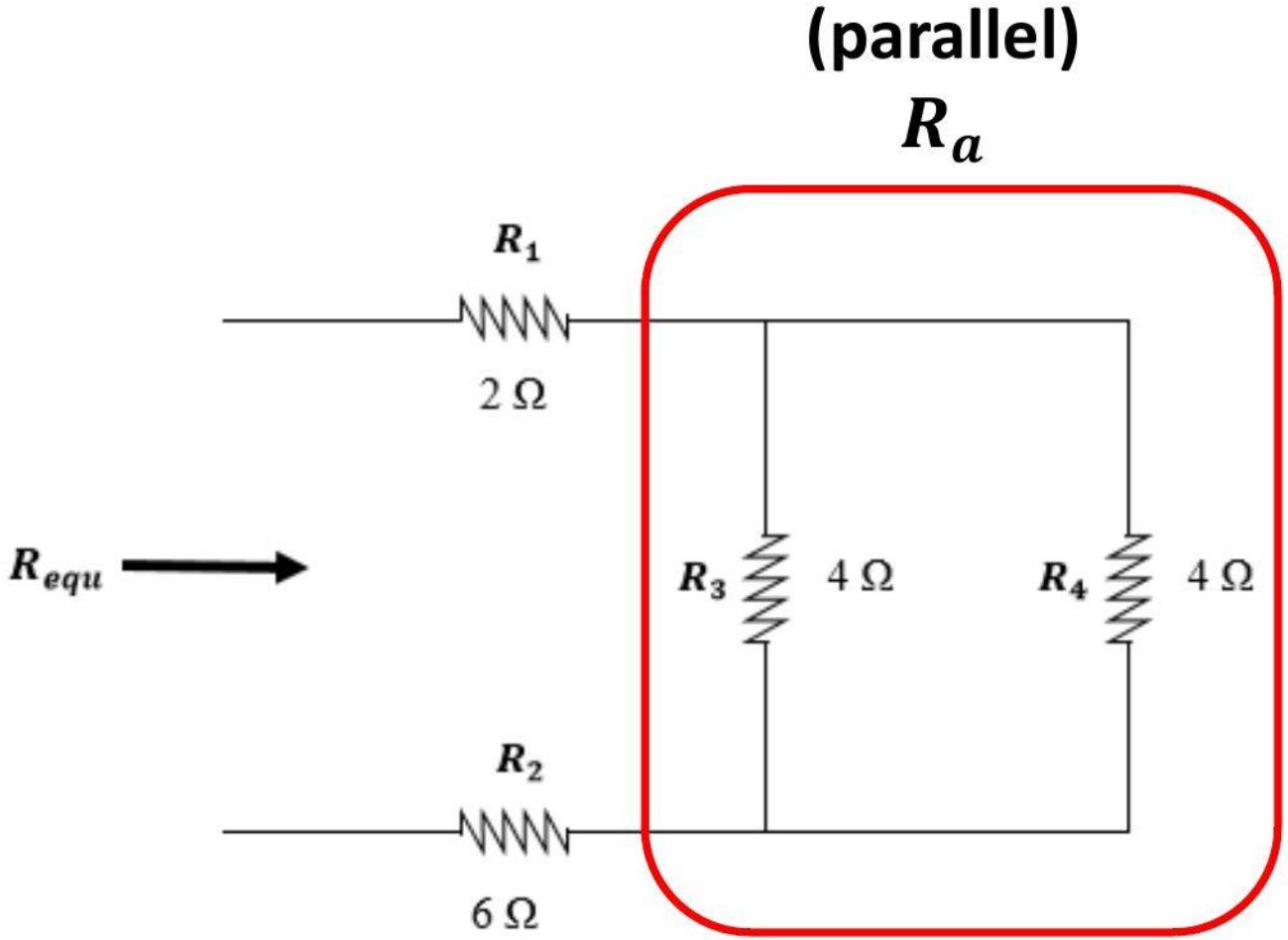
Example 1

Sol.

$$R_a = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}$$

$$= \frac{4 \times 4}{4+4}$$

$$= 2\ \Omega$$

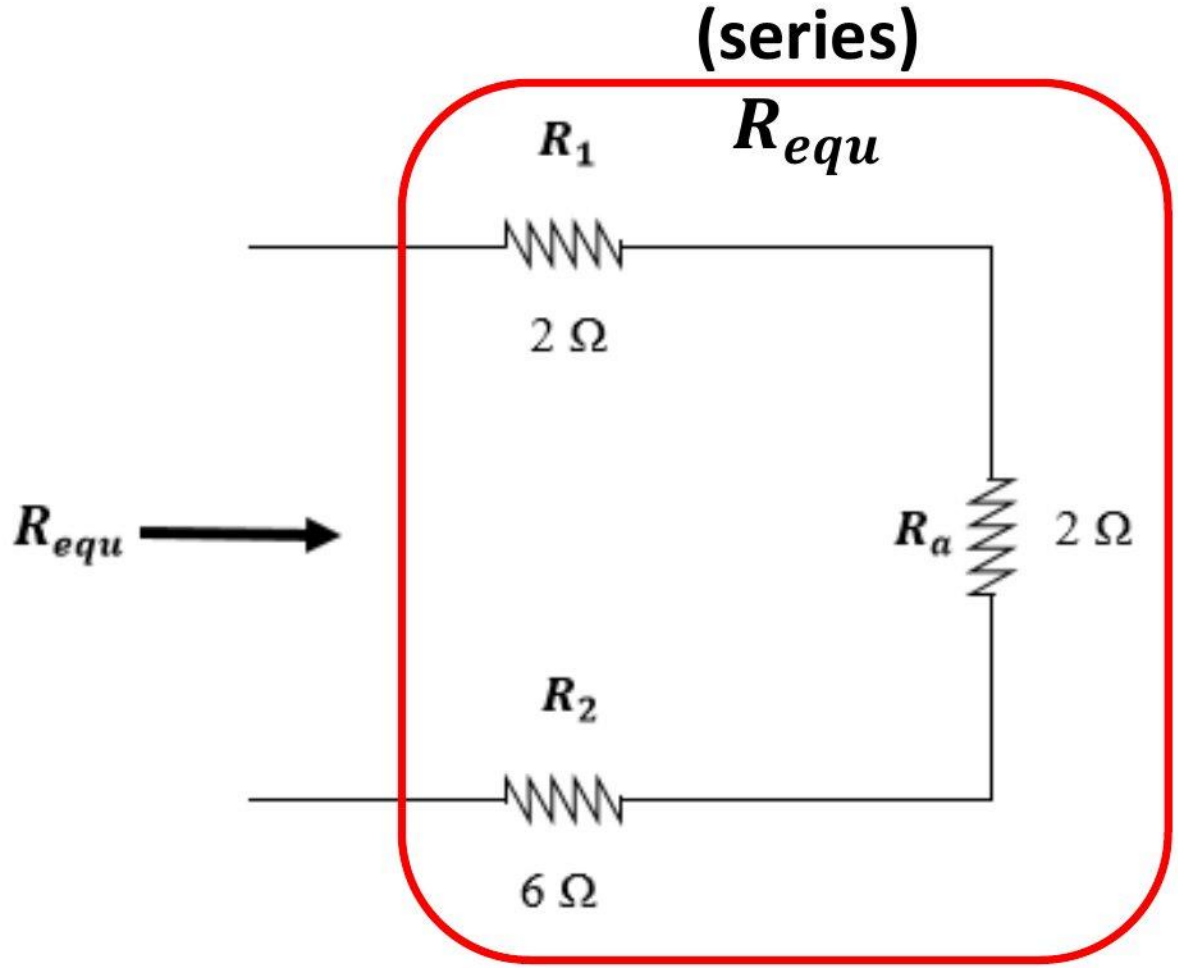


Example 1

Sol.

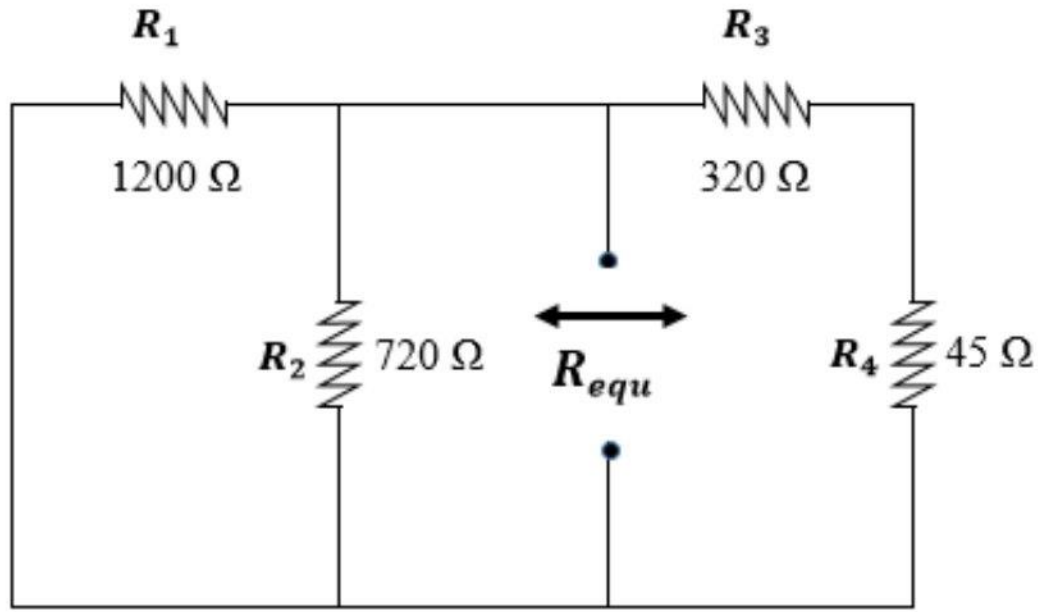
$$R_{equ} = R_1 + R_2 + R_a$$
$$= 2\ \Omega + 6\ \Omega + 2\ \Omega$$

$$R_{equ} = 10\ \Omega$$

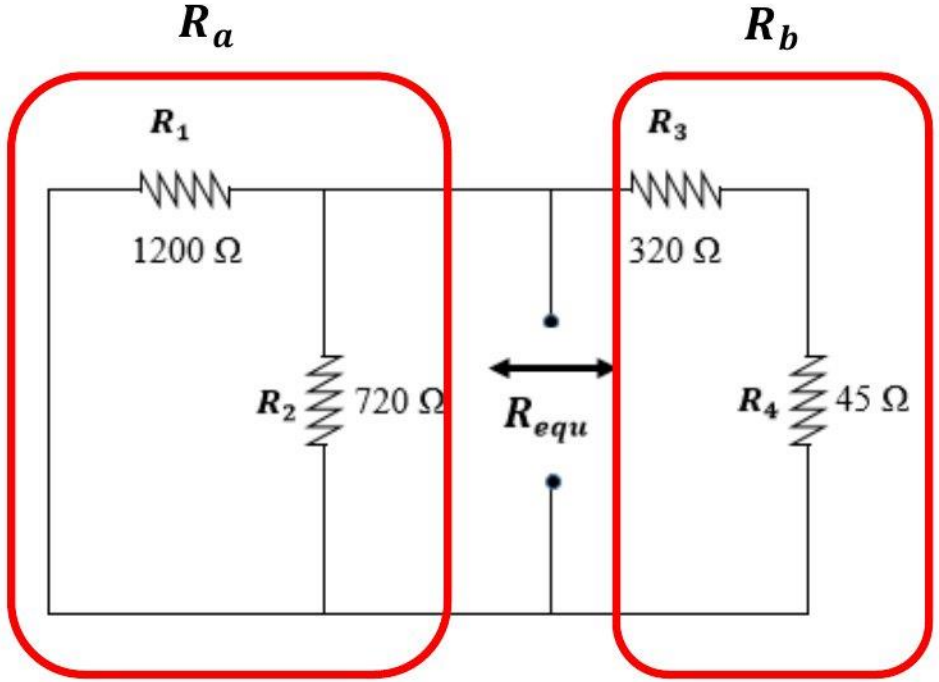


Example 2

For the circuit shown, find R_{equ}.



Sol.



parallel series

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 2

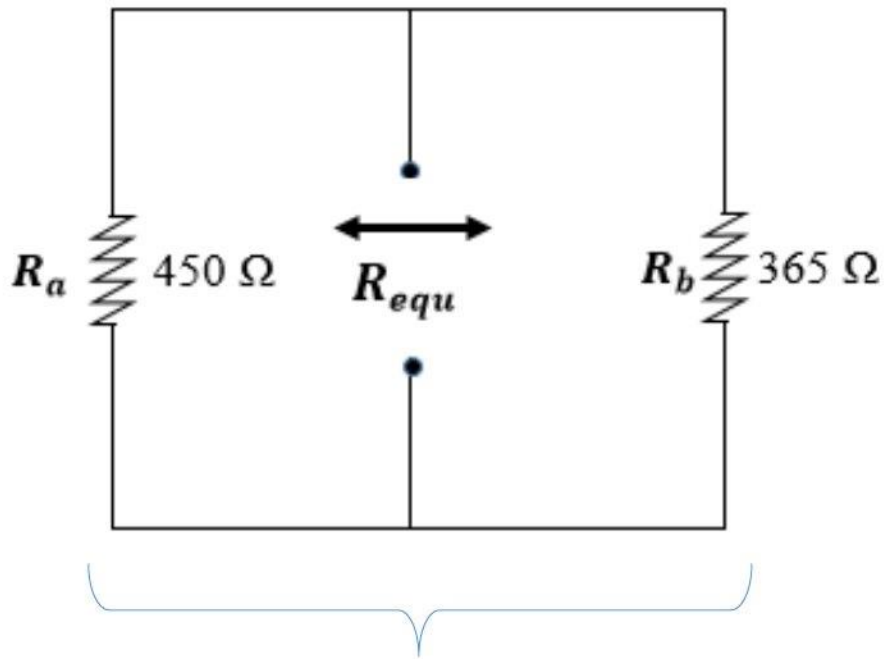
Sol.

$$R_a = \frac{1200 \times 720}{1200 + 720}$$

$$R_a = 450\ \Omega$$

$$R_b = 320 + 45$$

$$R_b = 365\ \Omega$$



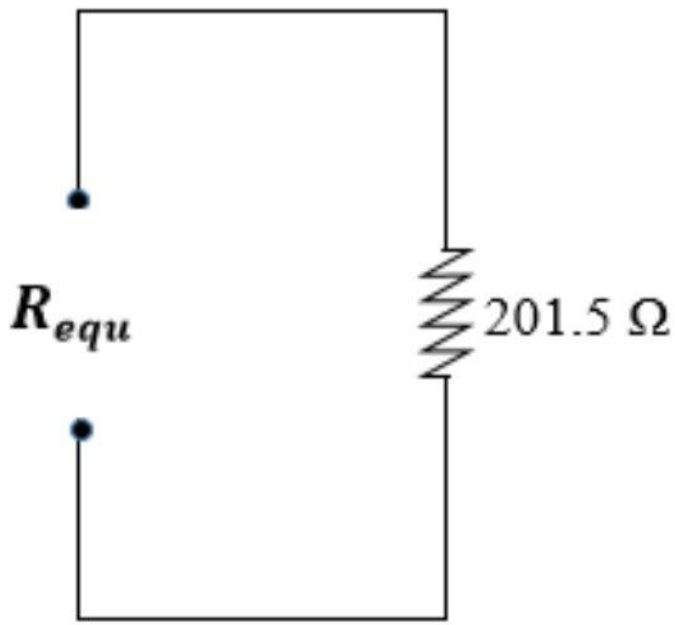
(لإيجاد R_{equ} فهي عبارة عن R_a و R_b على التوازي)

Example 2

Sol.

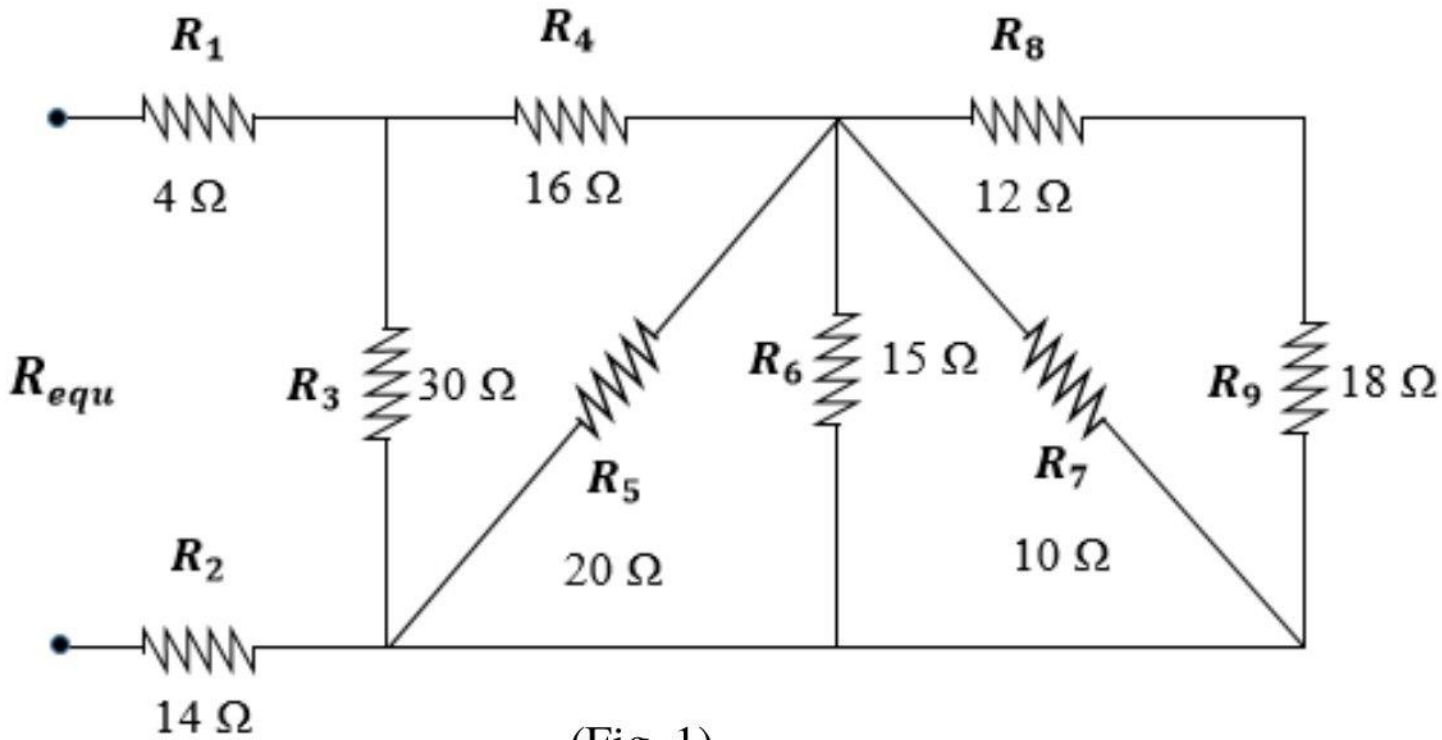
$$R_{equ} = \frac{450 \times 365}{450 + 365}$$

$$R_{equ} = 201.5\ \Omega$$



Homework

Q1\ For the circuit shown in (Fig. 1), find $\boldsymbol{R_{equ}}$.

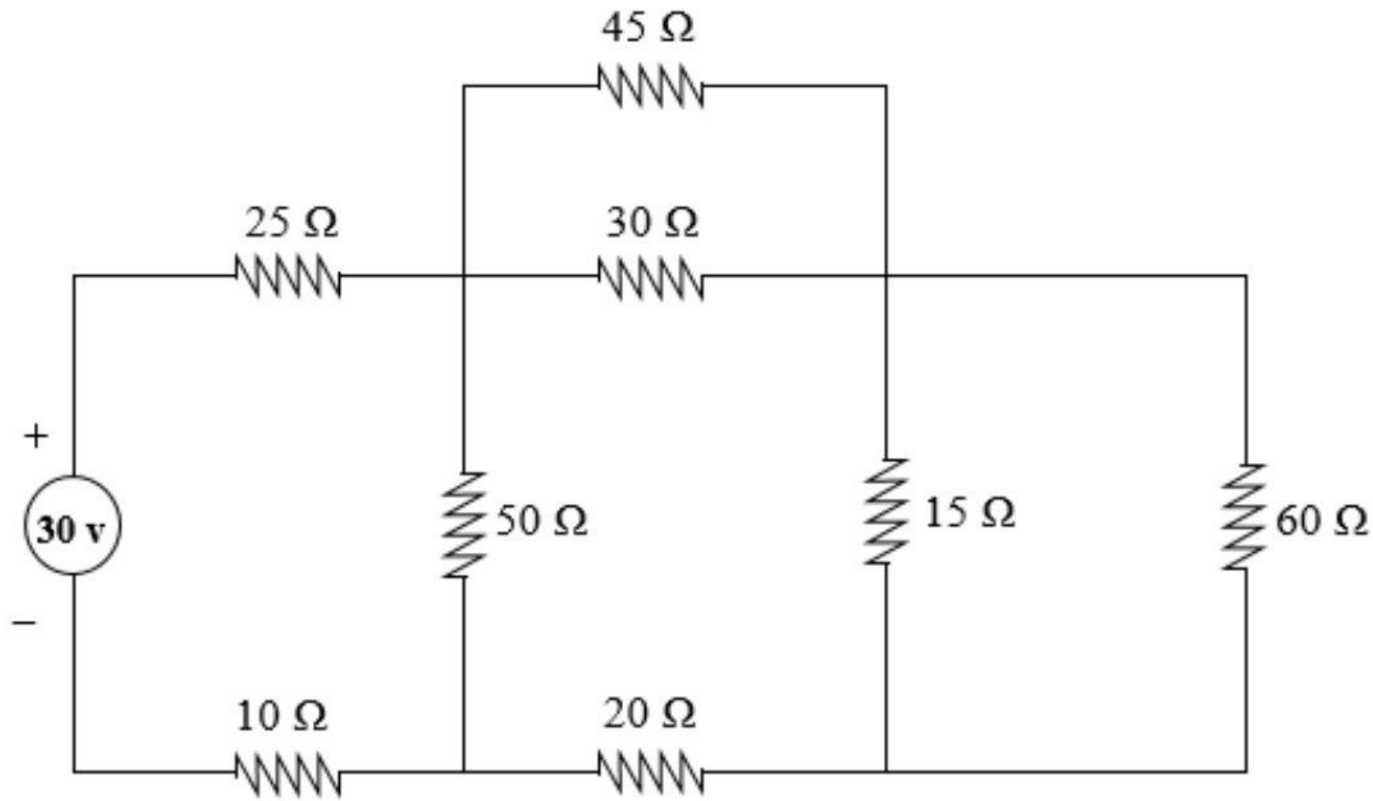


(Fig. 1)

م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

Q2\ For the circuit shown in (Fig. 2), find $\boldsymbol{R_{equ}}$.

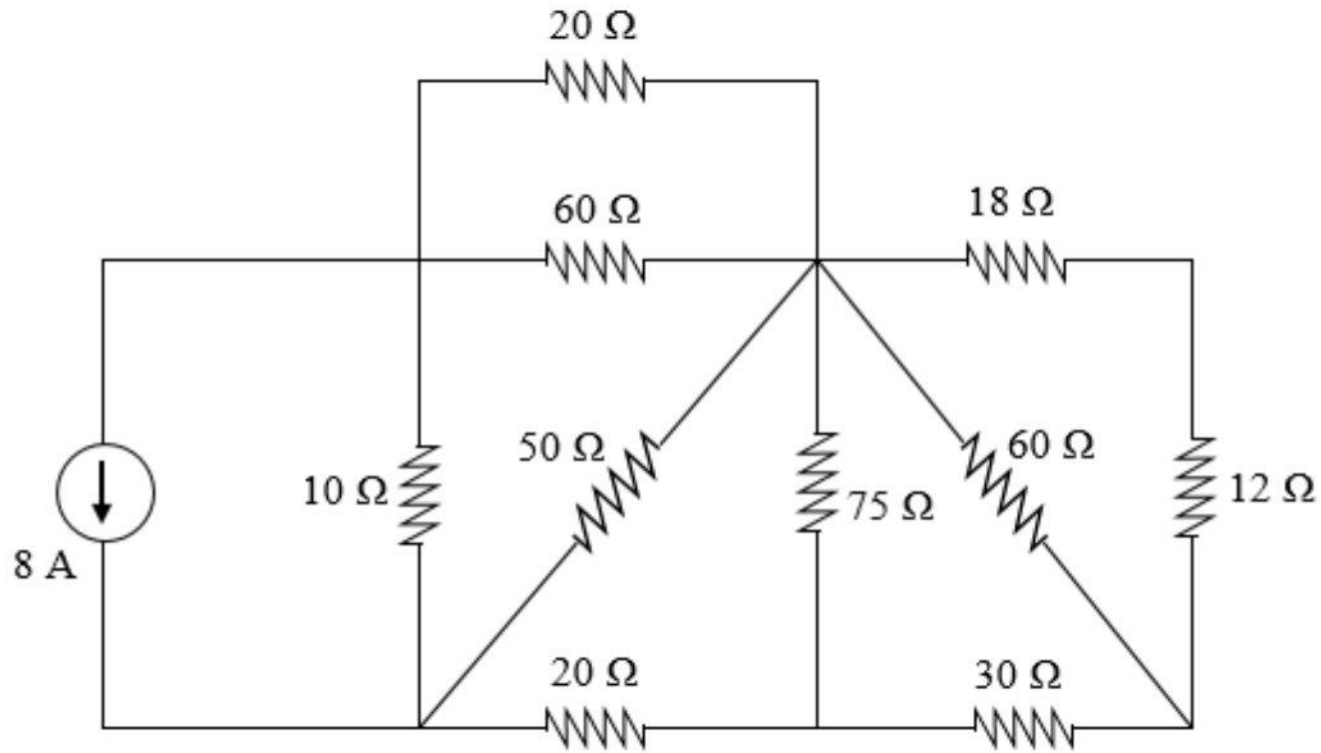


(Fig. 2)

م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

Q3\ For the circuit shown in (Fig. 3), find $\boldsymbol{R_{equ}}$.



(Fig. 3)

م.م. سرى سلام كمال الدين

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

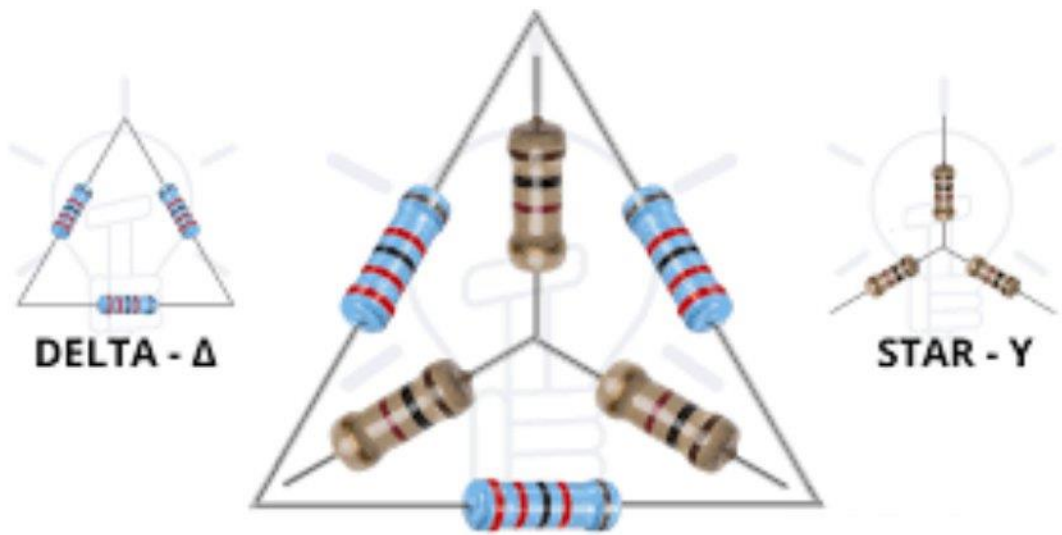
السؤال الأول) :ب (التيار

السؤال الثاني) :ب (الجهد

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1 & Q2 & Q3	منهجية تحليل الدوائر المختلطة)تحديد أجزاء التوالي والتوازي ثم الدمج(
Q1 & Q2 & Q3	خطوات الحل التطبيقية الكاملة) Example 1 —دمج توازي ثم توالي(
Q1 & Q2 & Q3	خطوات الحل التطبيقية الكاملة) Example 2 —دمج توالي ثم توازي(

المحاضرة 7th & 8th: الربط النجمي (Star Y-Connection)
و
الربط المثلثي (Delta Δ-Connection)



م.م. سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني- نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :الدوائر المختلطة (Combinational Circuits)

1 **الدوائر الكهربائية في الواقع العملي غالباً ما تكون:**

- ج) مزيجاً من التوالي والتوازي
- ب) توازي فقط
- أ) توالي فقط

2 **ما الخطوة الأولى المعتمدة عادة عند تحليل دائرة مختلطة؟**

- ج) تطبيق قانون كيرشوف للجهد فقط
- ب) فصل الفروع المتوازية وحساب مقاومتها
- أ) حساب القدرة الكلية مباشرة

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. التمييز بين الربط (Y-connection) و (Δ-connection) من حيث الشكل، وطريقة توصيل المقاومات.

2. حساب المقاومة المكافئة لكل من ربط (star) و (delta) باستخدام القوانين الصحيحة للتحويل.

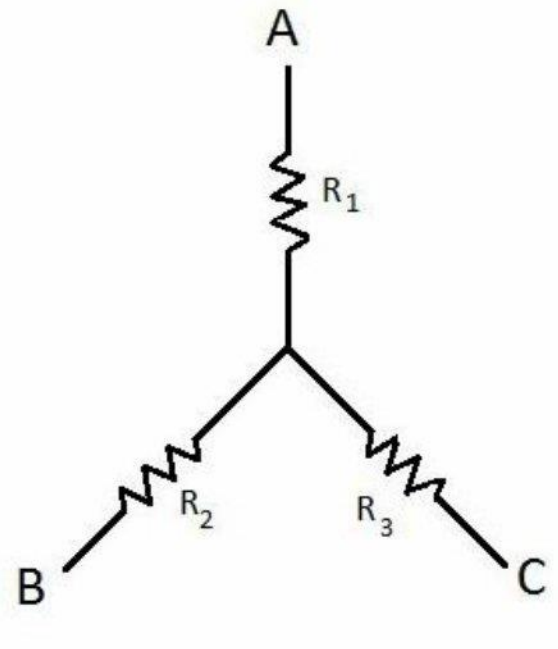
3. إجراء تحويلات بينهما (Y-Δ conversion) لتحليل الدوائر المعقدة.

4. تحديد الحالات التي نحتاج فيها إلى التحويل بين Y و Δ لتبسيط الدائرة الكهربائية.

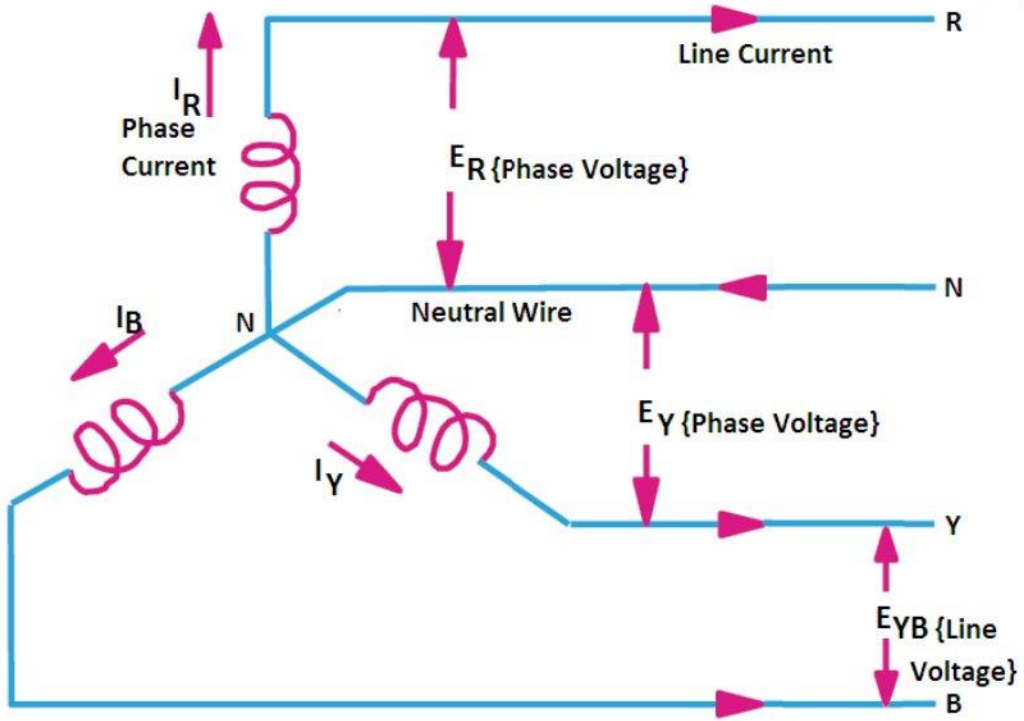
5. فهم التطبيقات العملية لربط ستار ودلتا في أنظمة القدرة والدوائر الصناعية.

الربط النجمي (Y- Connection)

- ثلاث مقاومات متصلة عند نقطة مشتركة (النقطة المحايدة) وتكون أطرافها الثلاثة متصلة بالمصدر.
- يُسمى الطرف المشترك النقطة المحايدة (Neutral Point)



الربط النجمي (Y- Connection)



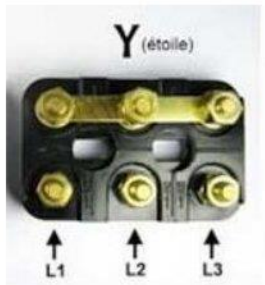
- الجهد بين أي خط والنقطة المحايدة (V_{phase}) :

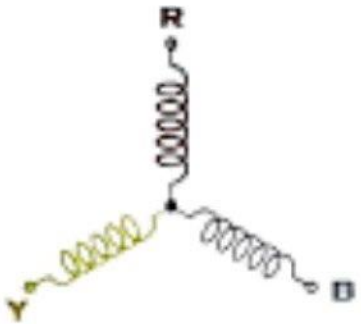
$$V_{phase} = \frac{V_{line}}{\sqrt{3}}$$

- التيار في كل مقاومة = التيار في الخط المقابل.

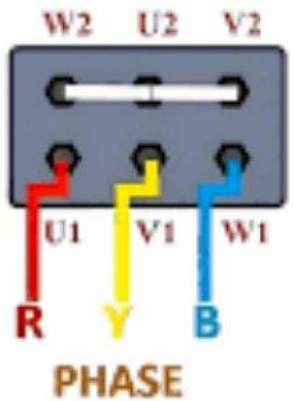
$$I_{line} = I_{phase}$$

استخدامات الربط النجمي (Y- Connection)









يستخدم (Y-connection) في:

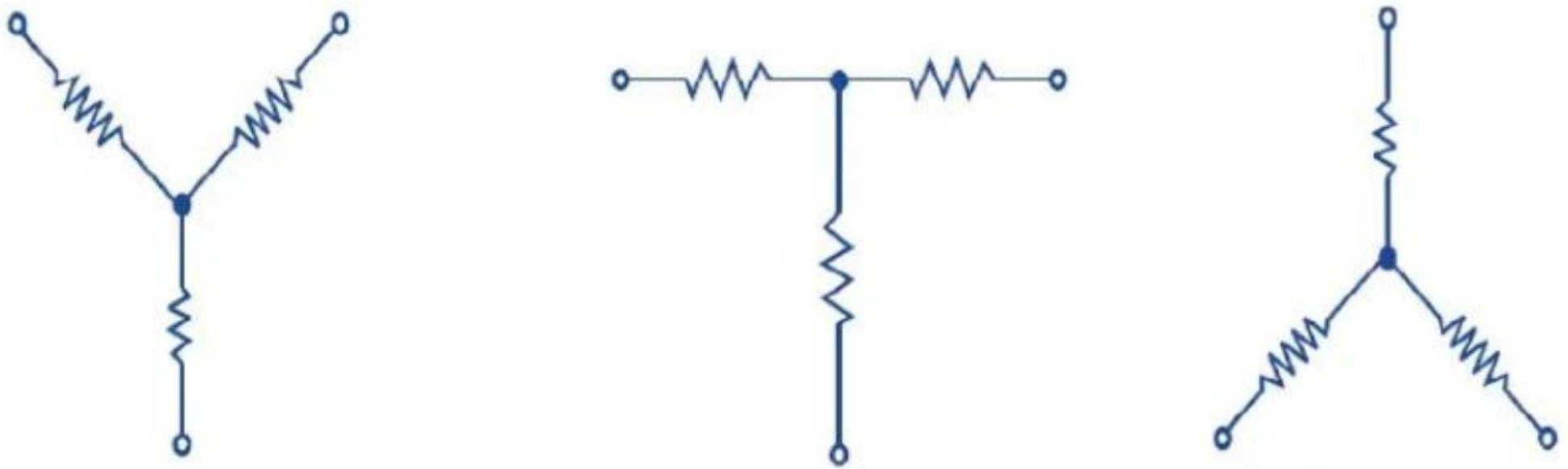
1. المولدات والمحولات في أنظمة الجهد العالي
2. شبكات التوزيع $\frac{380}{220}$
3. المحركات (Star-Delta Starter)
4. أنظمة التأريض

وغيرها..

م.م. سرى سلام كمال الدين

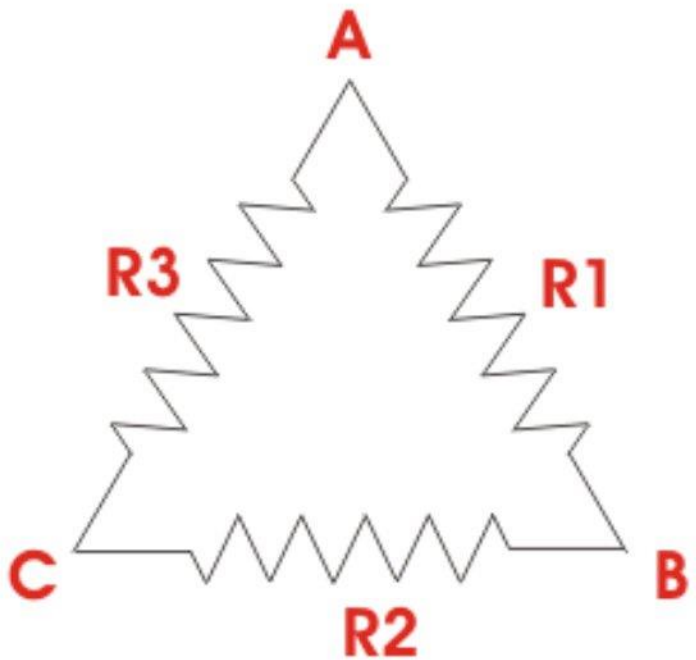
أشكال الربط النجمي (Y- Connection Shapes)

Three ways in which star connection may appear in a circuit.

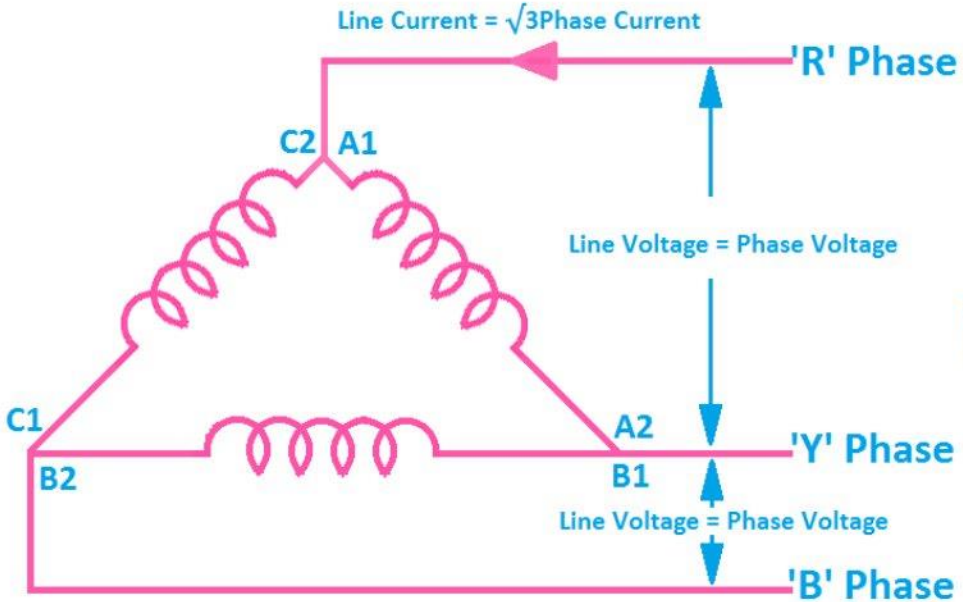


الربط المثلثي (Δ- Connection)

- ثلاث مقاومات متصلة على شكل مثلث، كل رأس متصل بخط من المصدر.
- لا توجد نقطة محايدة مشتركة.



الربط المثلثي (Δ- Connection)



- جهد كل مقاومة = جهد الخط بين طرفيها

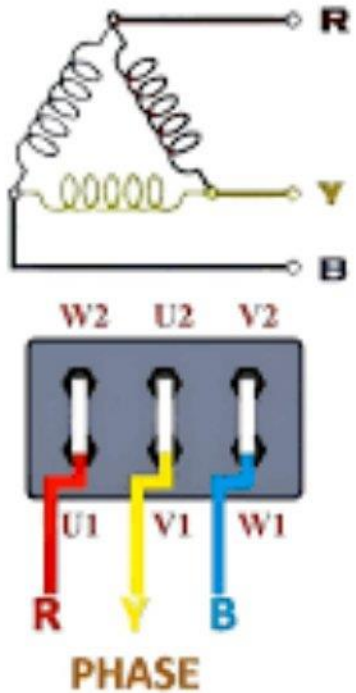
$$V_{phase} = V_{line}$$

- التيار في كل مقاومة = تيار الخط × $\sqrt{3}$ (حسب التوصيل)

$$I_{phase} = I_{line} \times \sqrt{3}$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

استخدامات الربط المثلثي (Δ- Connection)



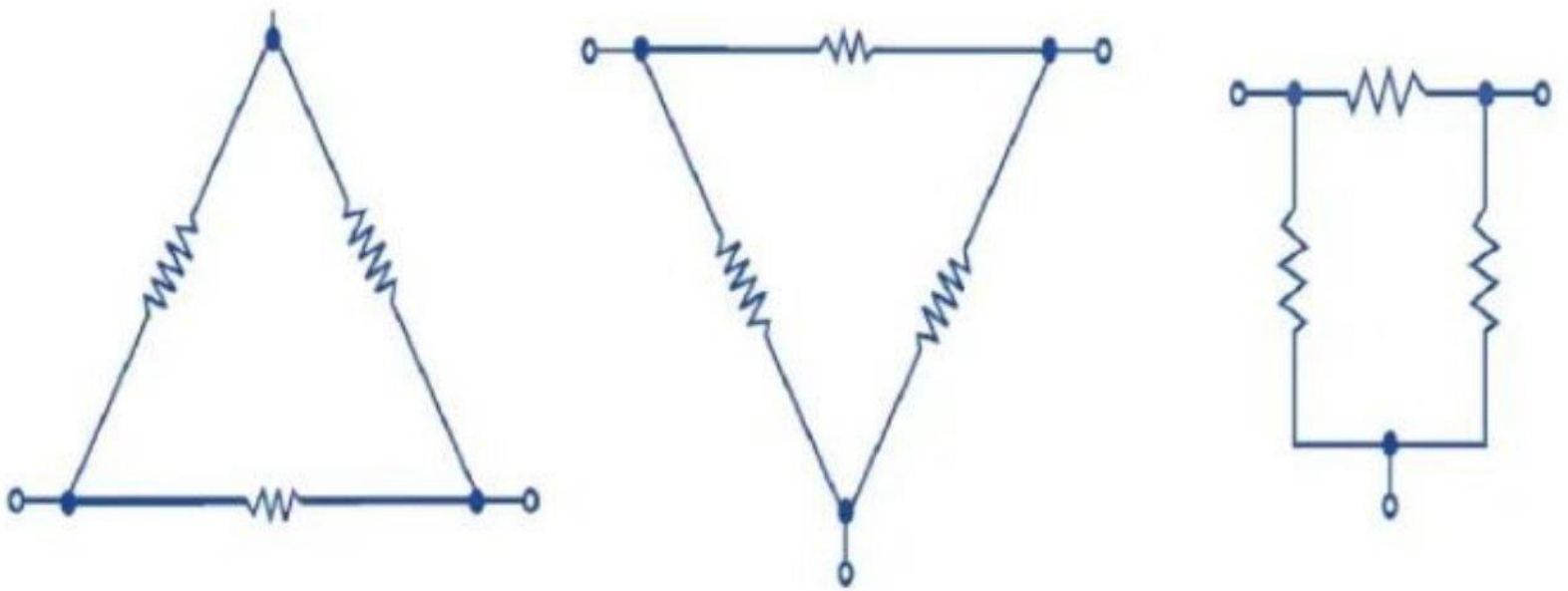
يستخدم (Δ -connection) في:

1. المحركات الكهربائية عند التشغيل الكامل
2. خطوط النقل (بعض شبكات الجهد المتوسط)
3. المحولات (يوصل أحد ملفات المحول على شكل Δ)

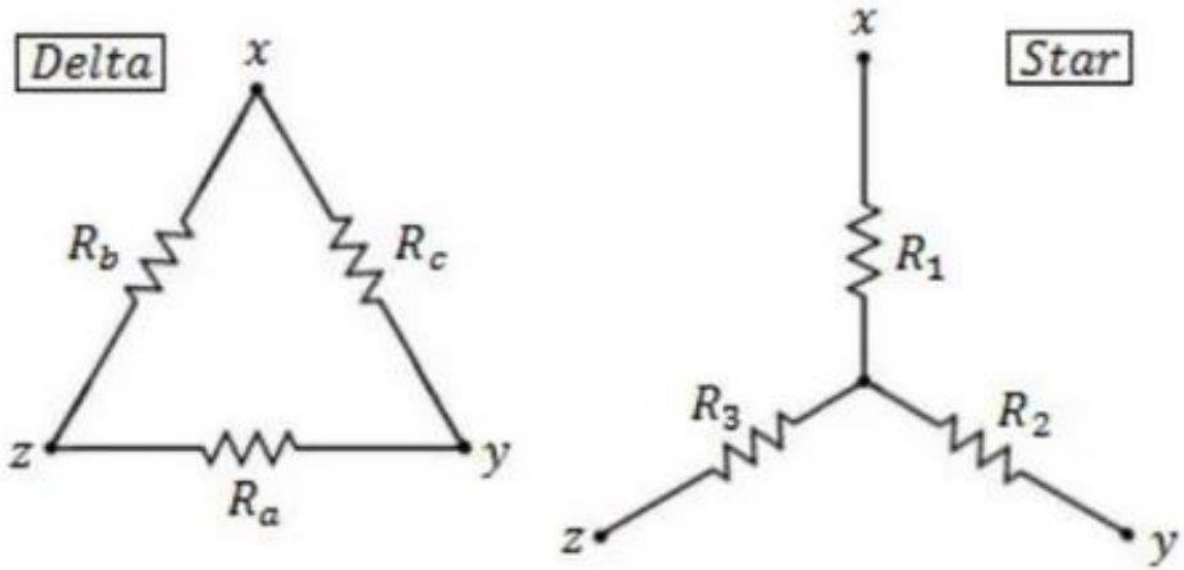
وغيرها..

أشكال الربط المثلثي (Δ- Connection Shapes)

Three ways in which delta connection may appear in a circuit.



التحويل بين Y و Δ (Y-Δ Conversion)



$$R_a = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1} \qquad R_1 = \frac{R_bR_c}{R_a + R_b + R_c}$$

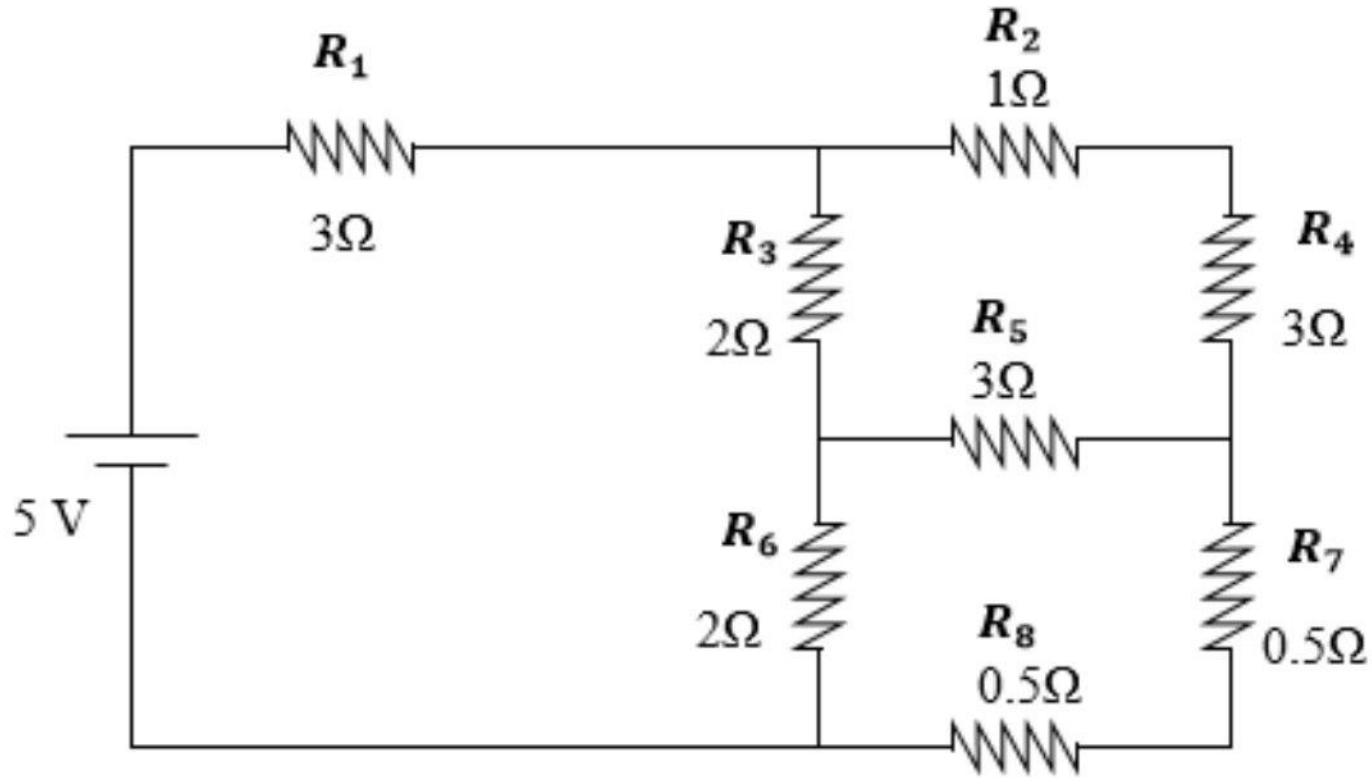
$$R_b = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2} \qquad R_2 = \frac{R_aR_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_c = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3} \qquad R_3 = \frac{R_aR_b}{R_a + R_b + R_c}$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

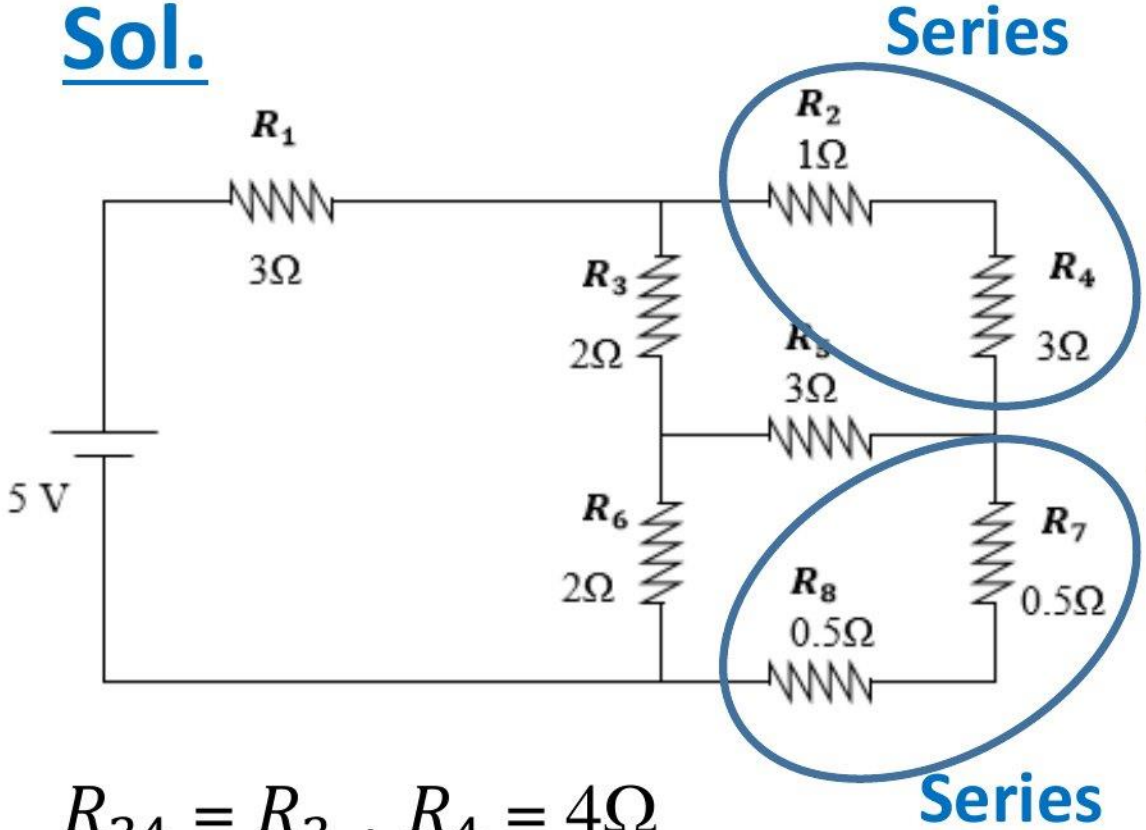
For the circuit shown, find R_{equ}.

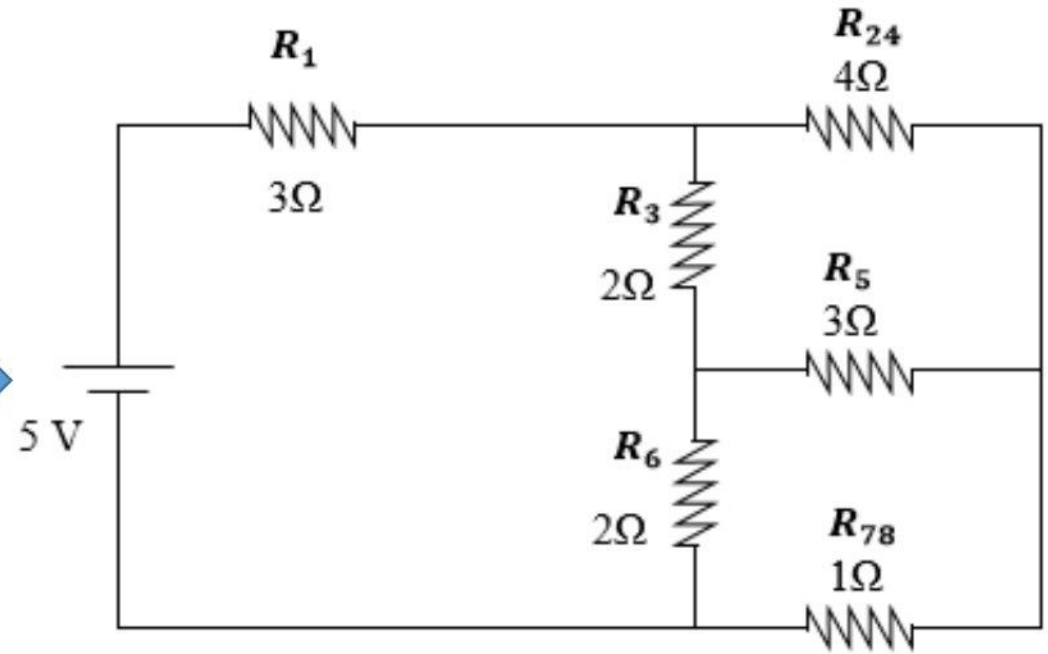


م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.





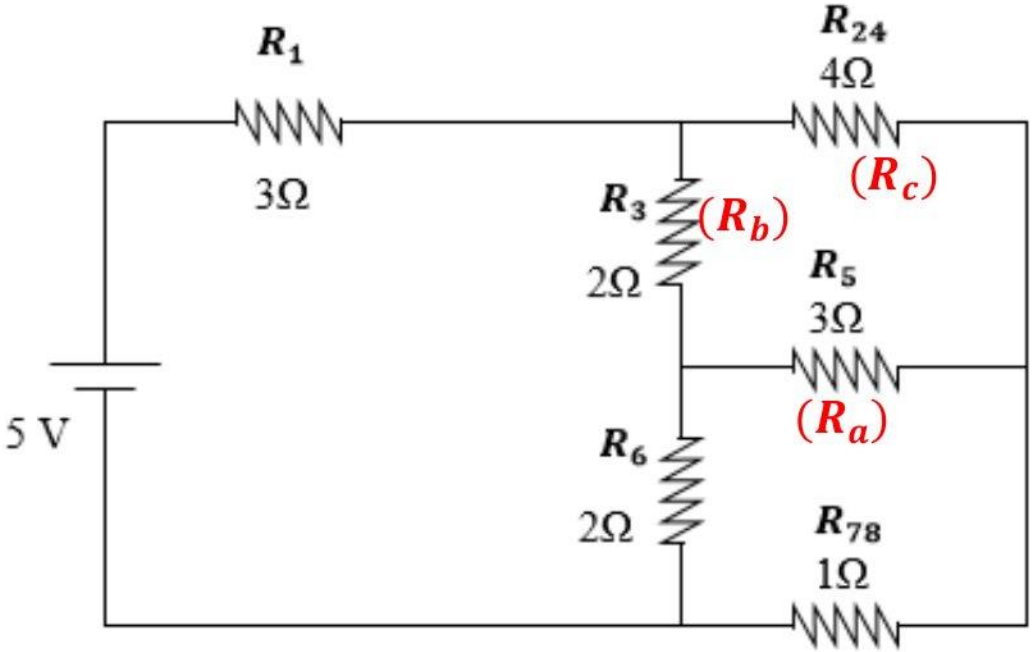
$$R_{24} = R_2 + R_4 = 4\Omega$$

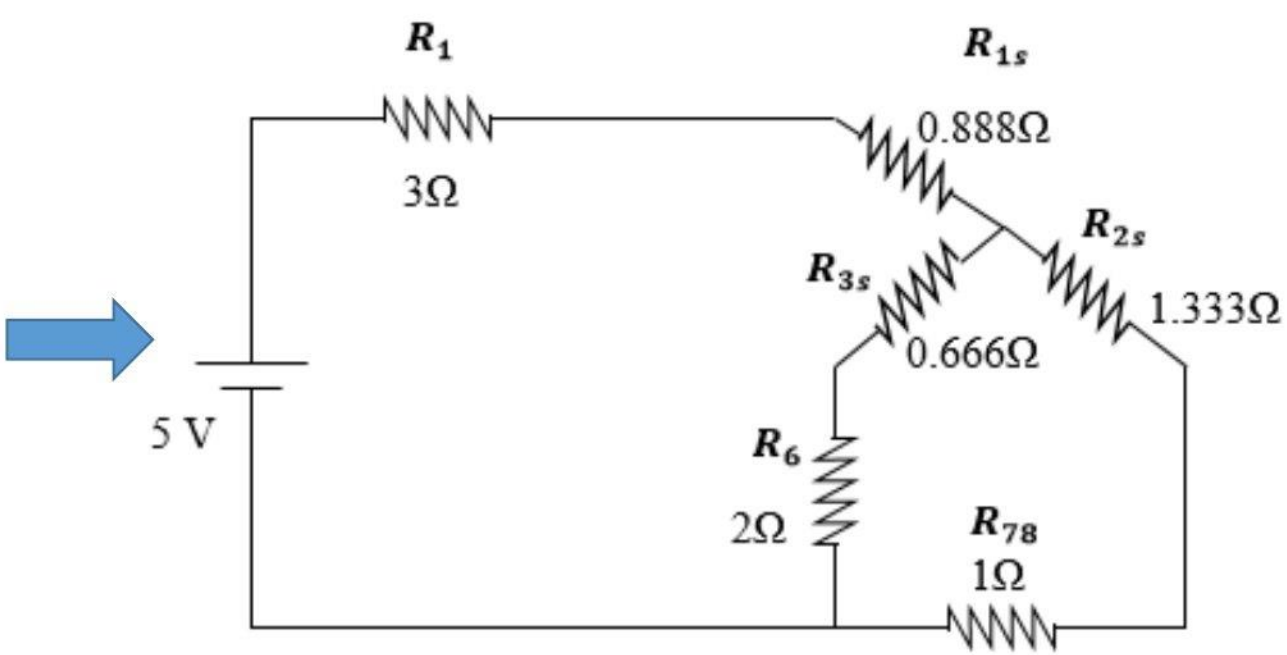
$$R_{78} = R_7 + R_8 = 1\Omega$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.





$$R_{1s} = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} = \frac{2 \times 4}{4+2+3} = 0.888\Omega$$

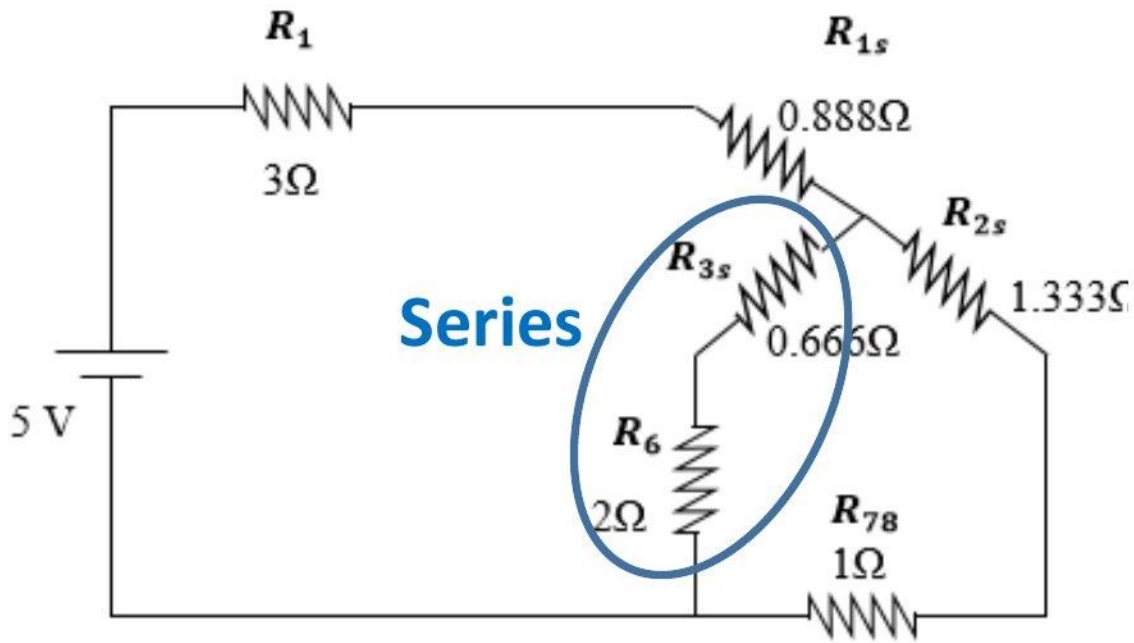
$$R_{2s} = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c} = \frac{3 \times 4}{4+2+3} = 1.333\Omega$$

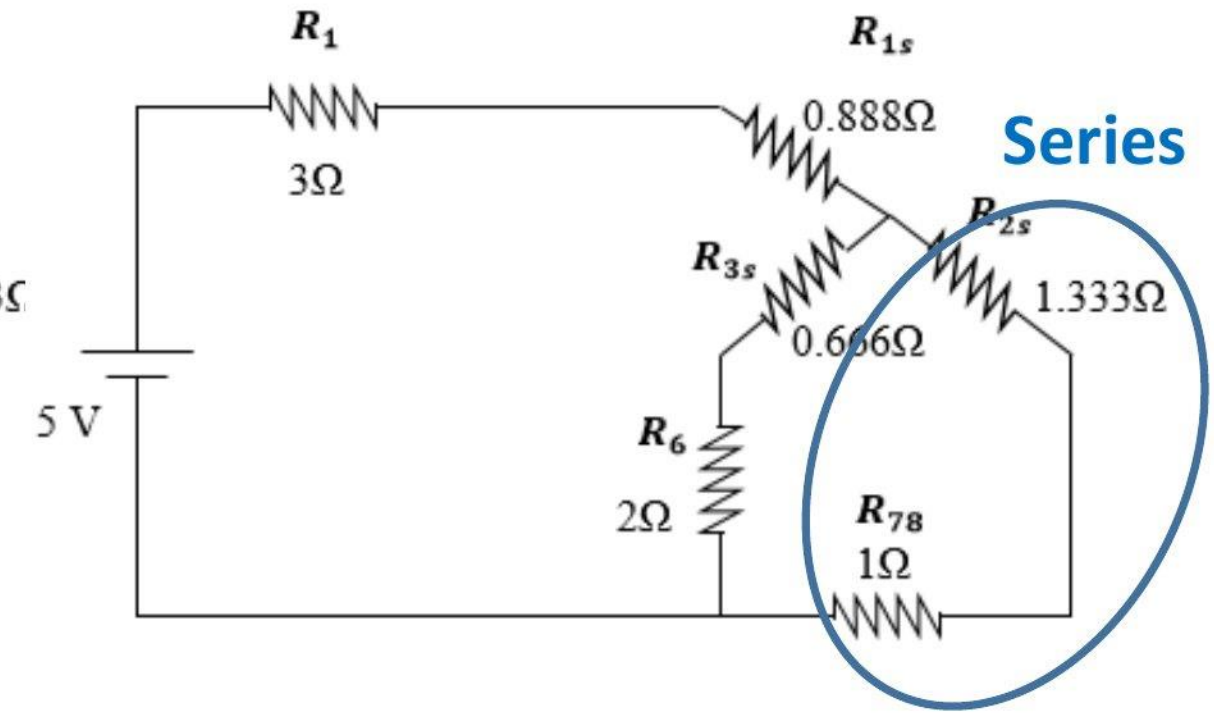
$$R_{3s} = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c} = \frac{3 \times 2}{4+2+3} = 0.666\Omega$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.



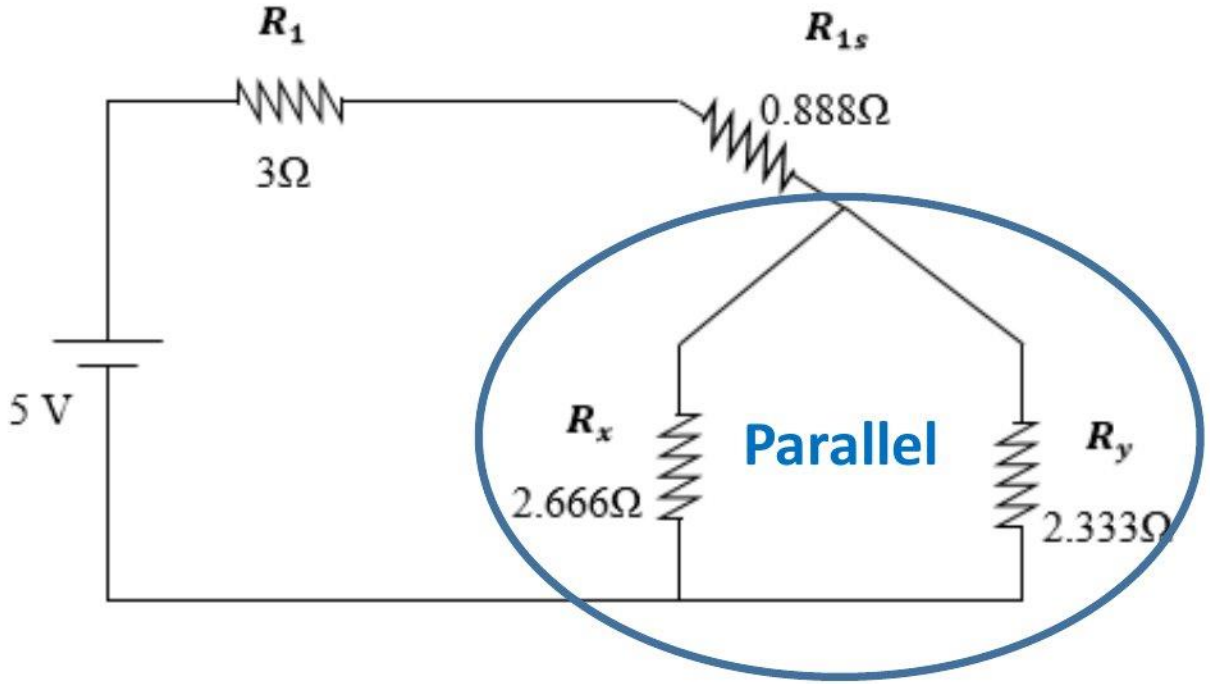


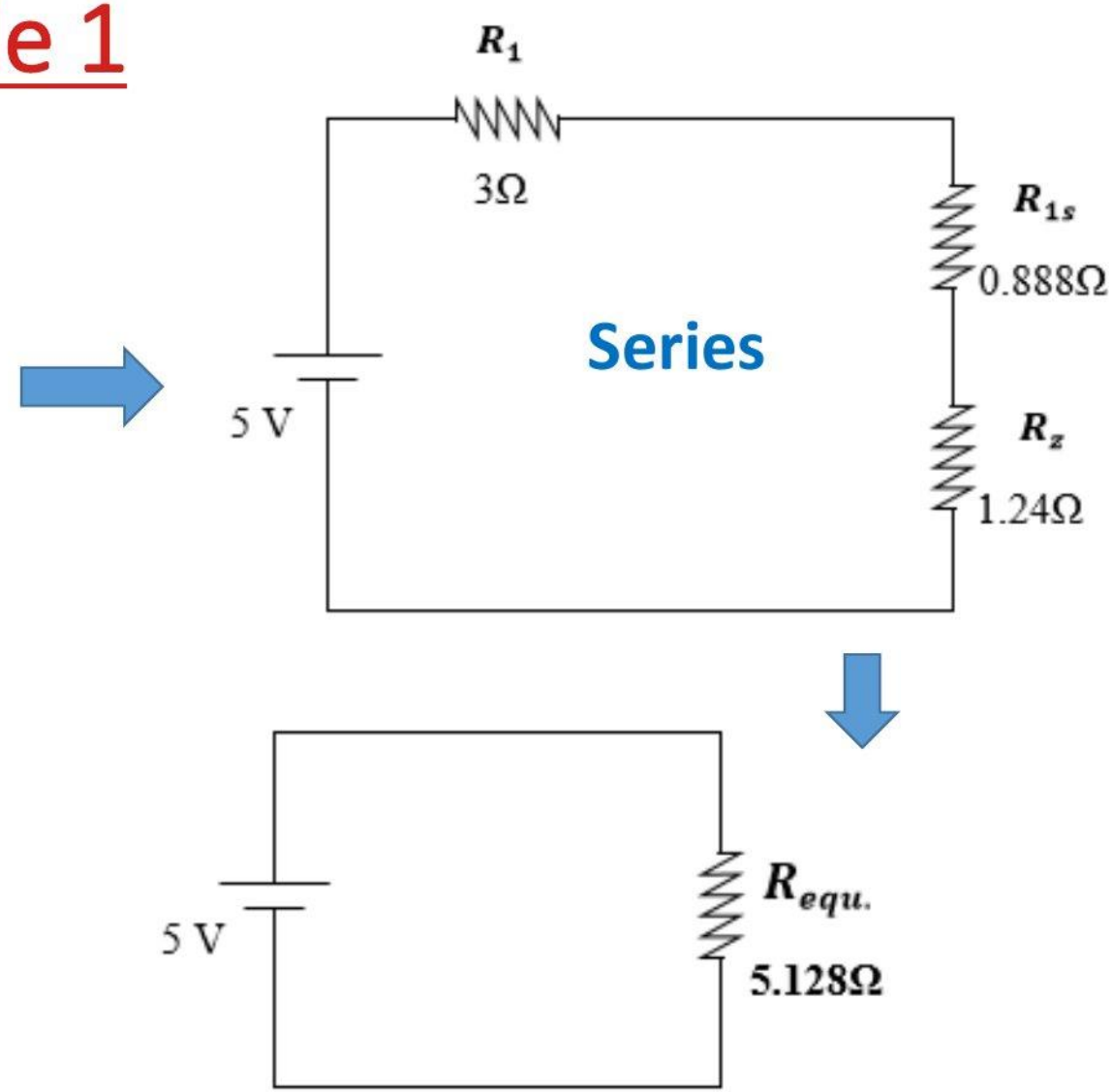
$$R_x = R_{3s} + R_6 = 2.666\Omega$$

$$R_y = R_{2s} + R_{78} = 2.333\Omega$$

Example 1

Sol.





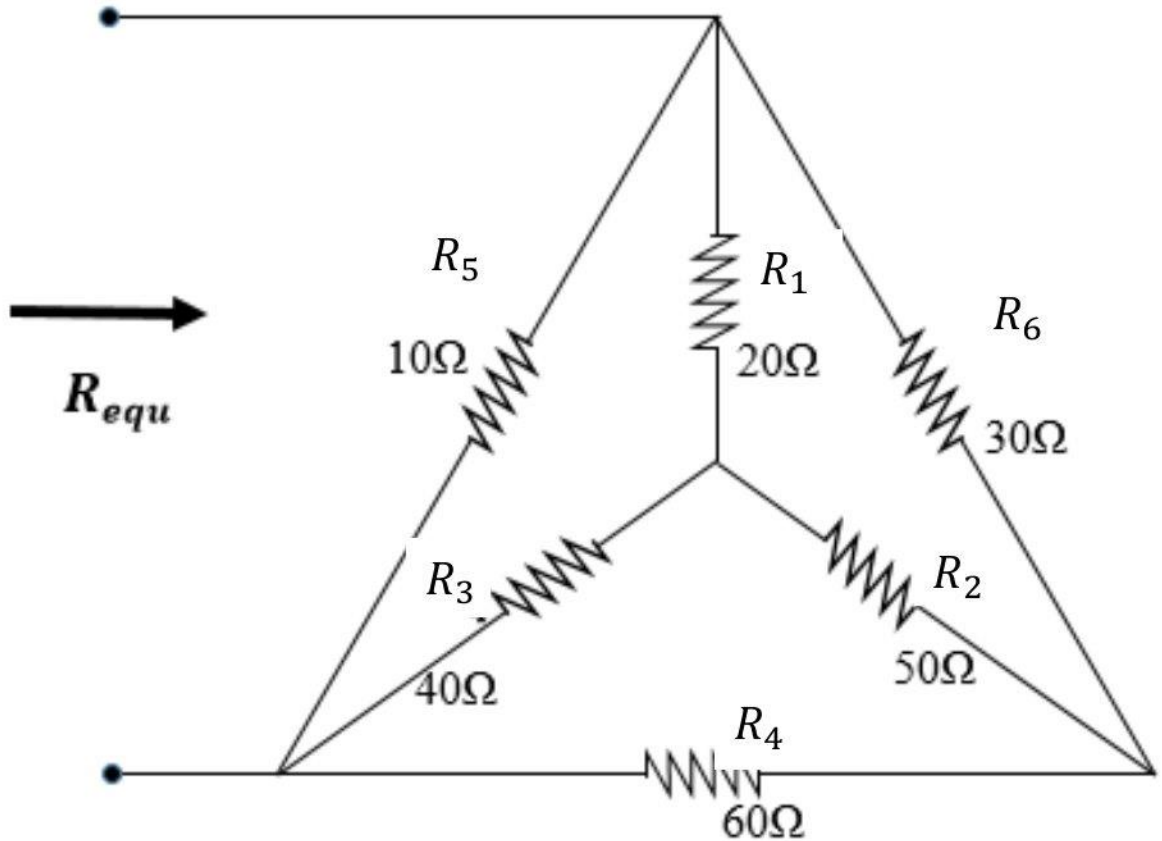
$$R_z = R_x \| R_y = \frac{2.666 \times 2.333}{2.666 + 2.333} = 1.24\Omega$$

$R_{equ.}$ = 3 + 0.888 + 1.24 = **5.128Ω**

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 2

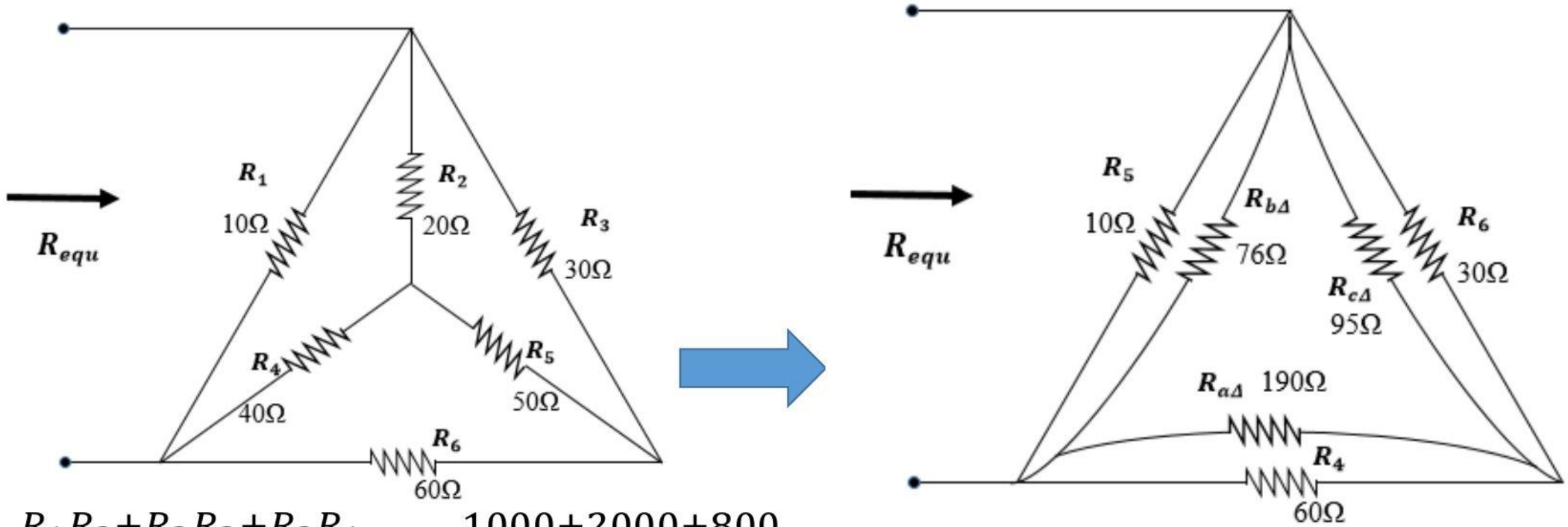
For the circuit shown, find $\boldsymbol{R_{equ}}$.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 2

Sol.



$$R_{a\Delta} = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_1} == \frac{1000+2000+800}{20} = 190\Omega$$

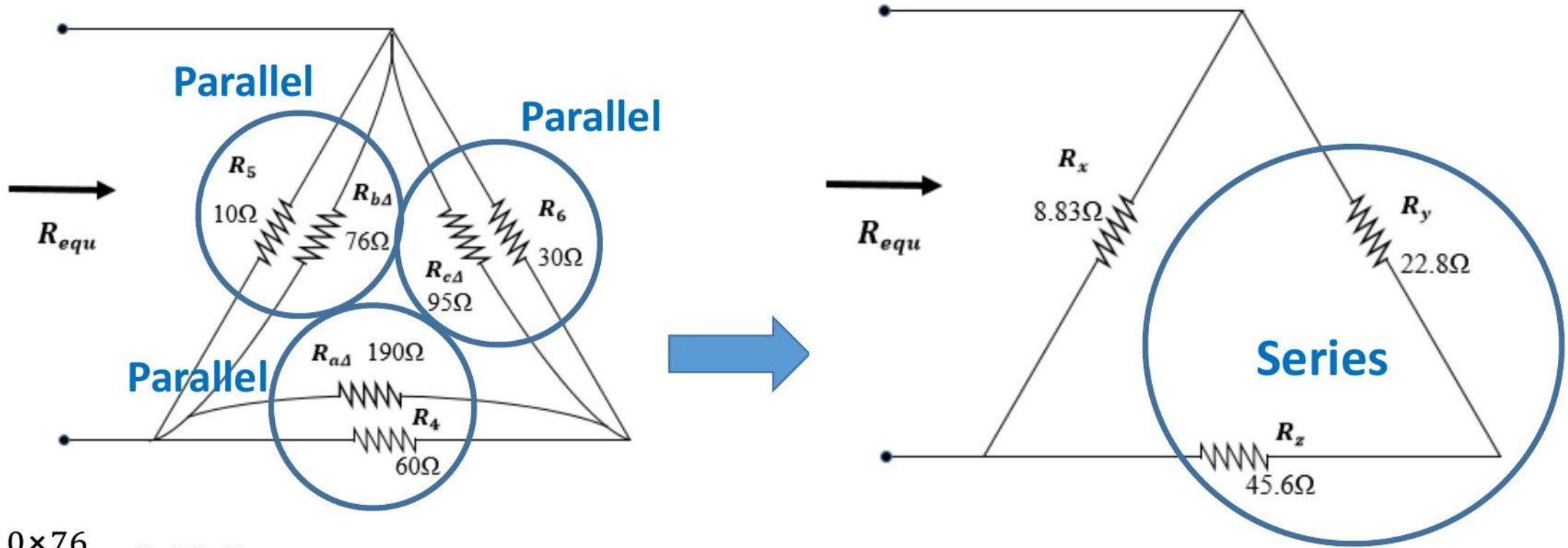
$$R_{b\Delta} = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_2} == \frac{1000+2000+800}{50} = 76\Omega$$

$$R_{c\Delta} = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_3} == \frac{1000+2000+800}{40} = 95\Omega$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 2

Sol.



$$R_x = \frac{10\times76}{10+76} = 8.83\Omega$$

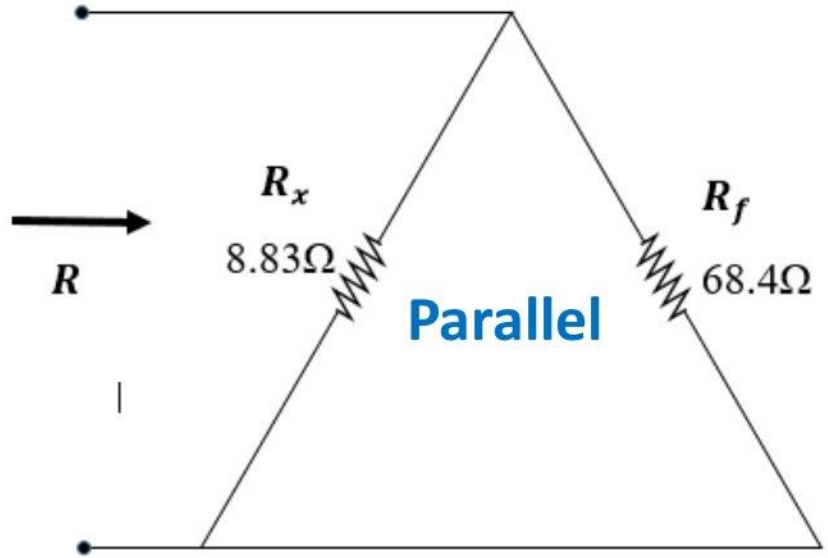
$$R_y = \frac{30\times95}{30+95} = 22.8\Omega$$

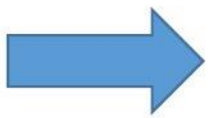
$$R_z = \frac{60\times190}{60+190} = 45.6\Omega$$

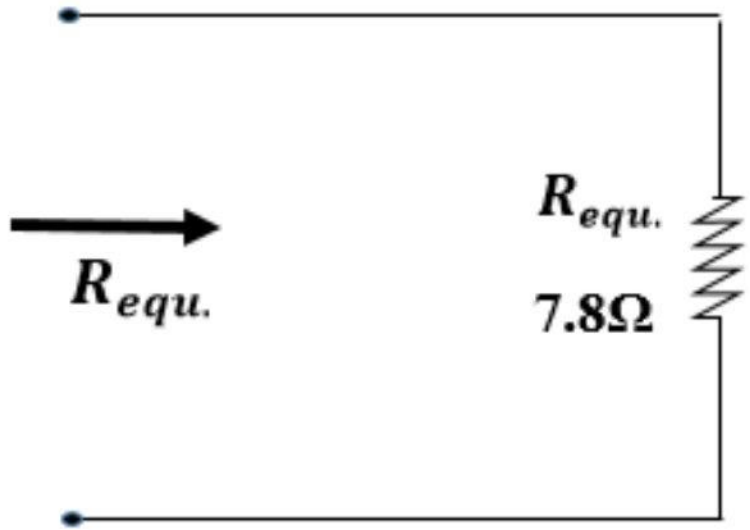
م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 2

Sol.







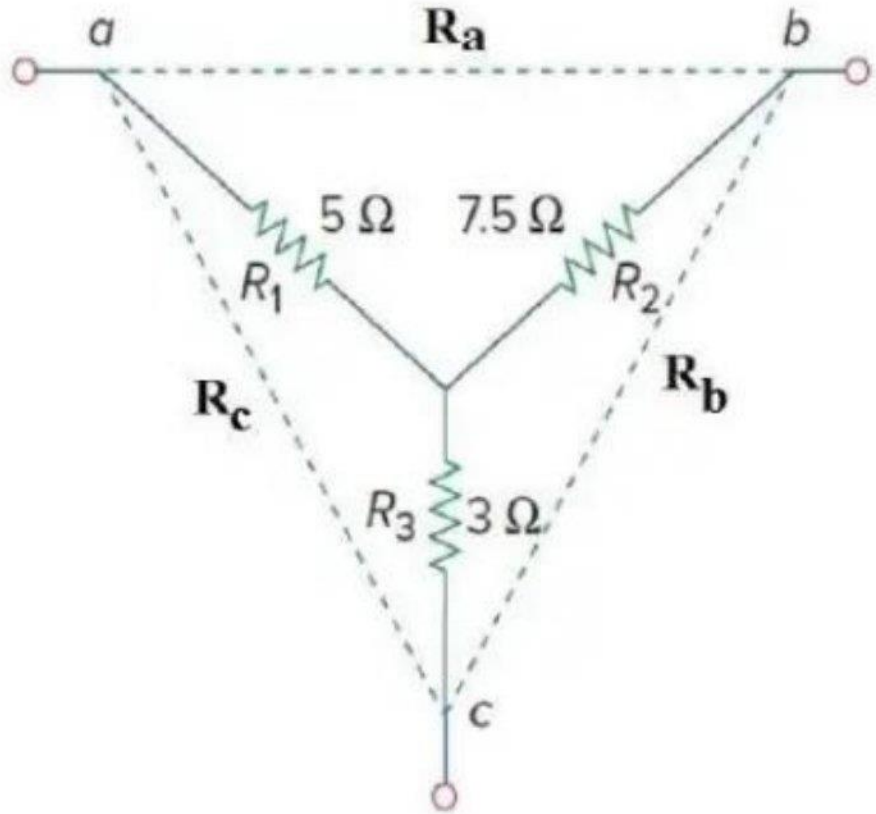
$$R_f = R_y + R_z = 22.8 + 45.6 = 68.4\Omega$$

$$R_{equ.} = \frac{8.83 \times 68.4}{8.83 + 68.4} = 7.8\Omega$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

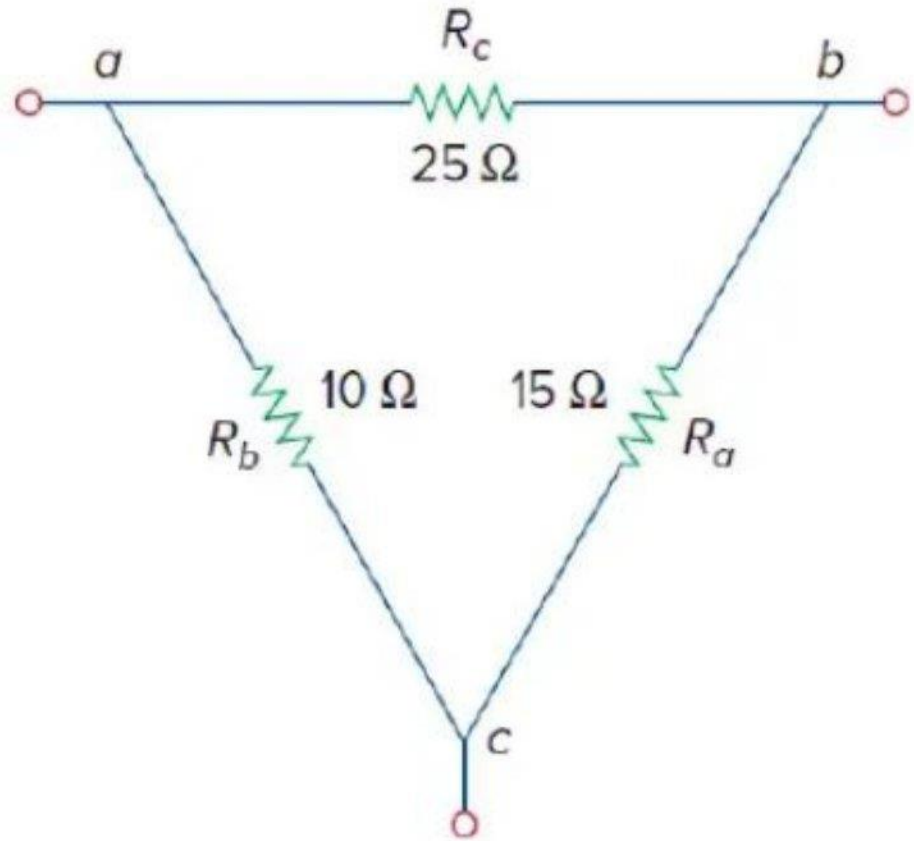
Q1\ Convert the Y network to an equivalent Δ network.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

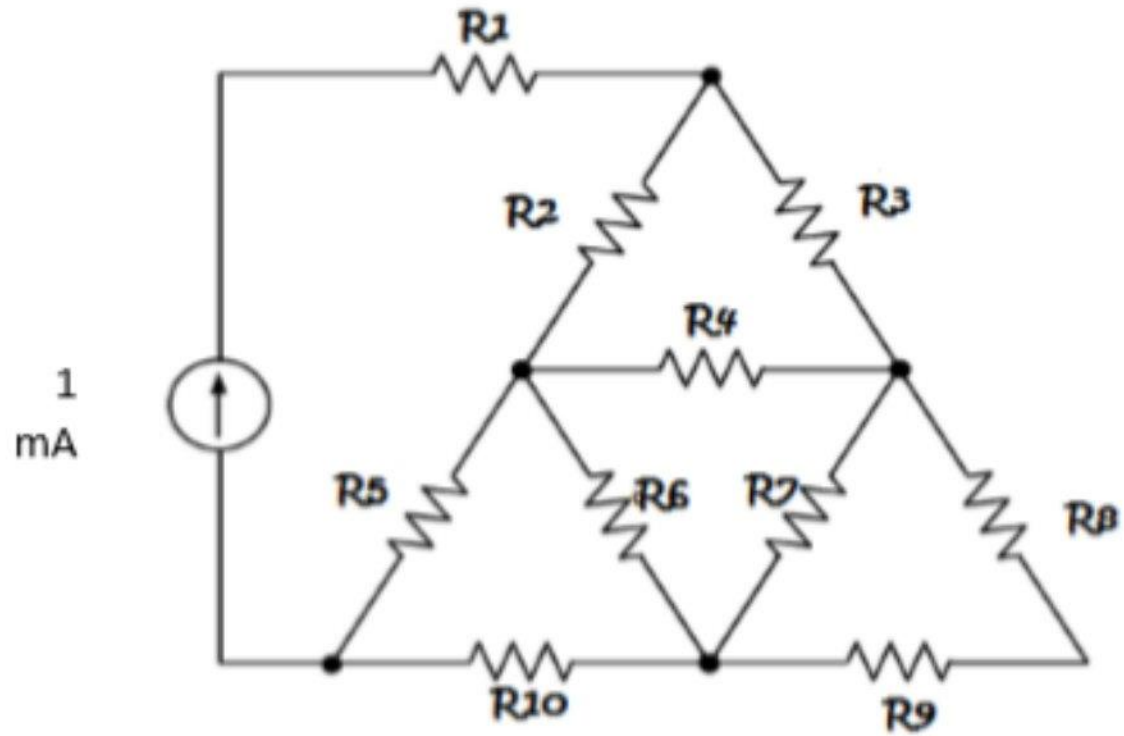
Q2\ Convert the Δ network to an equivalent Y network.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

Q3\ For the circuit shown, find $\boldsymbol{R_{equ}}$.

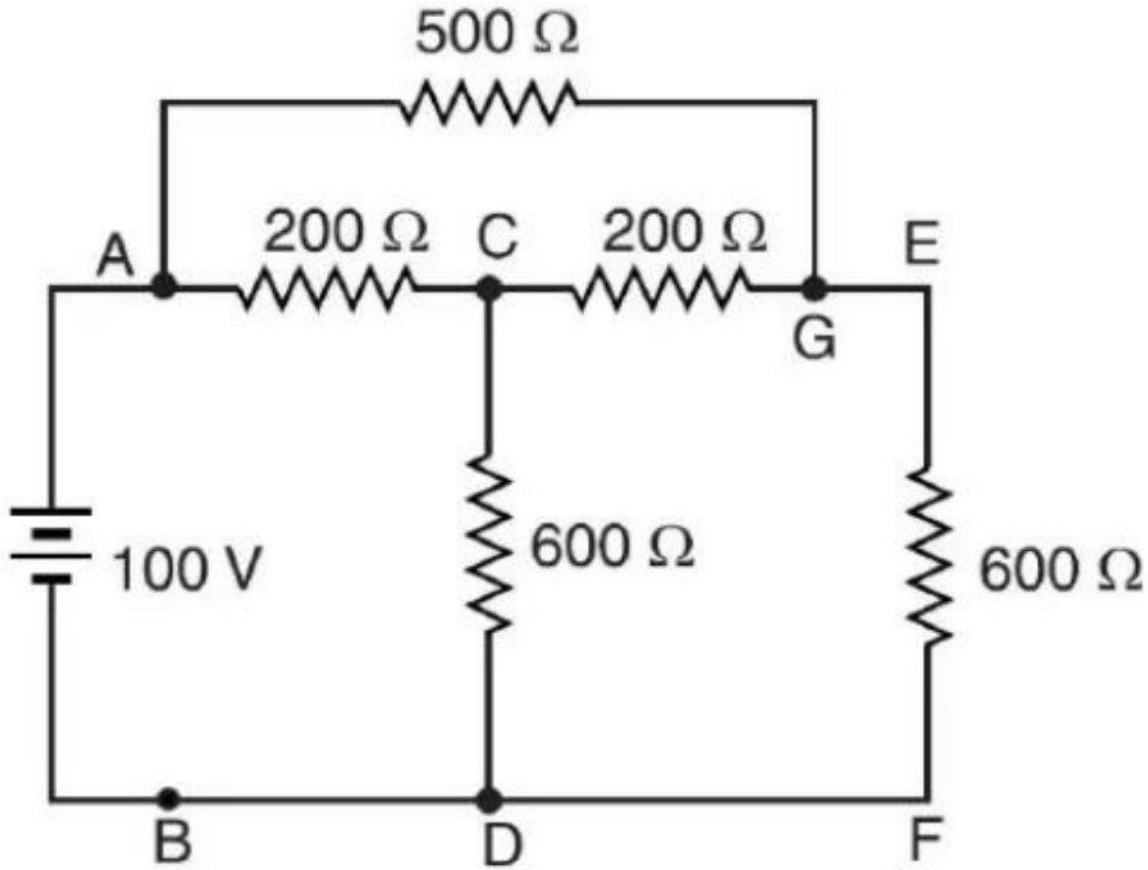


R1=	1000 Ω
R2=	4000 Ω
R3=	4000 Ω
R4=	4000 Ω
R5=	4000 Ω
R6=	4000 Ω
R7=	8000 Ω
R8=	2000 Ω
R9=	6000 Ω
R10=	4000 Ω

م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

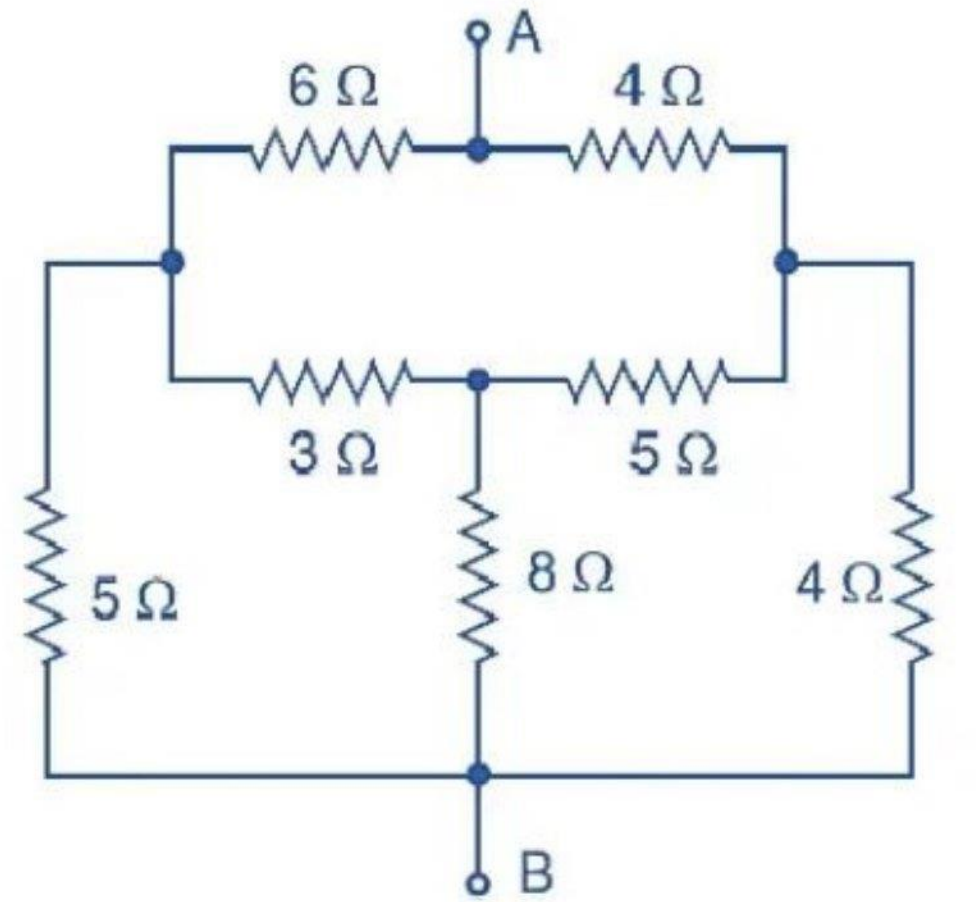
Q4\ For the circuit shown, find $\boldsymbol{R_{AB}}$.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

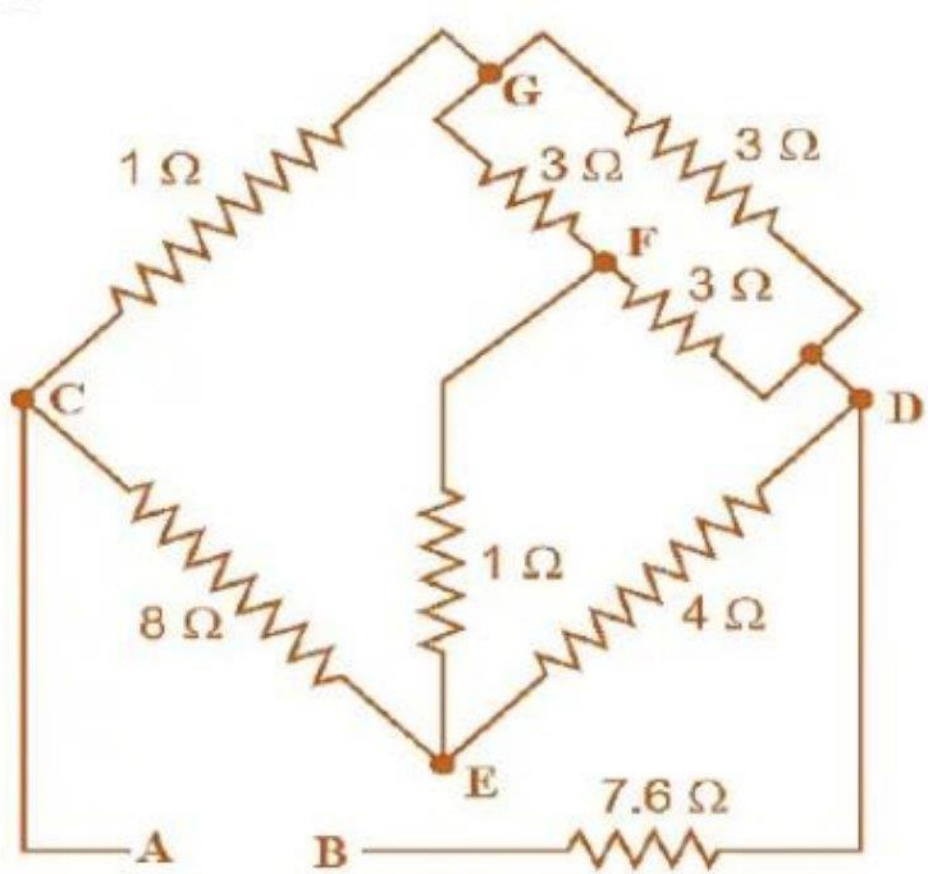
Q5\ For the circuit shown, find $\boldsymbol{R_{AB}}$.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

Q6\ For the circuit shown, find $\boldsymbol{R_{AB}}$.



م.م. سرى سلام كمال الدين

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ج (مزيج من التوالي والتوازي

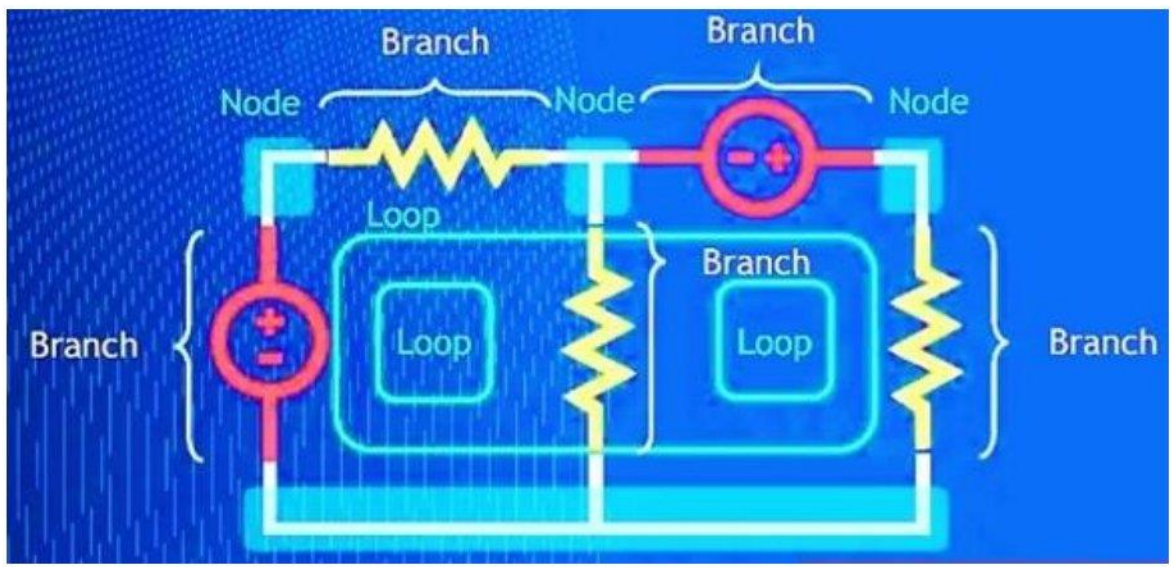
السؤال الثاني) :ب (فصل الفروع المتوازية

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1 & Q2	صيغ التحويل المباشرة بين الربط النجمي والمثلثي (Y-Δ Conversion)
Q3 & Q4	صيغ التحويل + (Y-Δ)خطوات الحل التطبيقية الكاملة — Example 1
Q5 & Q6	صيغ التحويل + (Y-Δ)خطوات الحل التطبيقية الكاملة — Example 2

المحاضرة 9th & 10th:

قانون كيرشوف للتيار KCL
قانون كيرشوف للفولتية KVL
قانون مقسم الفولتية Voltage Divider Rule
قانون مقسم التيار Current Divider Rule



م.م. سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني- نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :الربط النجمي والربط المثلثي (Star & Delta Connections)

1 **الربط النجمي (Y)يتميّز بوجود ثلاث مقاومات متصلة عند نقطة مشتركة تسمى:**

- ج نقطة التفرع
- ب النقطة المحايدة
- أ نقطة الأرضي

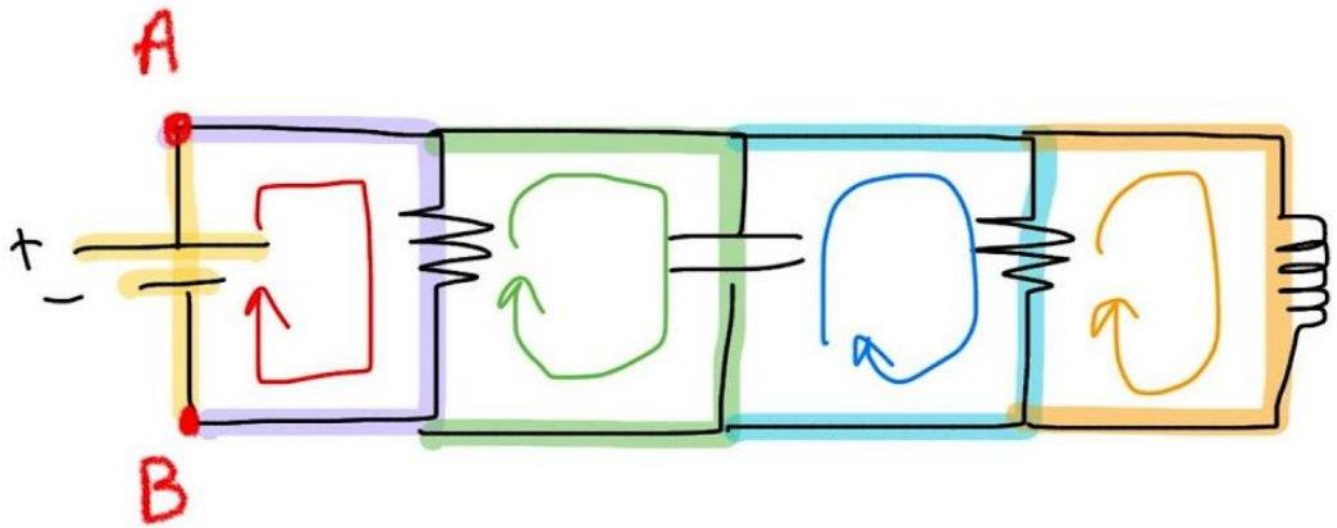
2 **يمكن تحويل الشبكة من الربط النجمي إلى المثلثي وبالعكس باستخدام:**

- ج معادلات التحويل (Δ-Y Conversion)
- ب نظرية التراكب
- أ قانون أوم مباشرة

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. تطبيق قانون كيرشوف للتيار والفولتية على الدوائر الكهربائية.
2. تحليل الدوائر متعددة الفروع والحلقات.
3. استخدام قوانين مقسم الجهد والتيار لاستخراج قيم غير مباشرة.
4. الربط بين قوانين كيرشوف وقوانين المقسمات.



Introduction

- عند التعامل مع دوائر كهربائية معقدة لا تكفي قوانين التوالي والتوازي البسيطة.

لهذا نستخدم:

Kirchhoff's Laws لتحليل أي دائرة مهما كانت معقدة.

Divider Rules لتبسيط الحسابات في حالات معينة.

- يجب التمييز بين: العقدة **node** و الفرع **branch** و المسار المغلق **loop**

Kirchhoff's Current Law (KCL)

ينص قانون كيرشوف للتيار على أن:

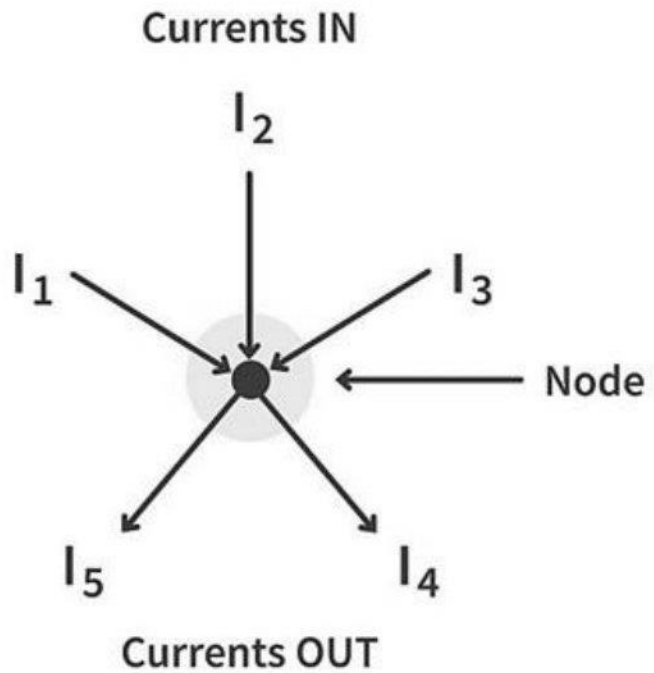
مجموع التيارات الداخلة إلى أي عقدة يساوي مجموع التيارات الخارجة منها

أو: $\sum I = 0$

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

Currents Entering the Node
Equals
Currents Leaving the Node

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

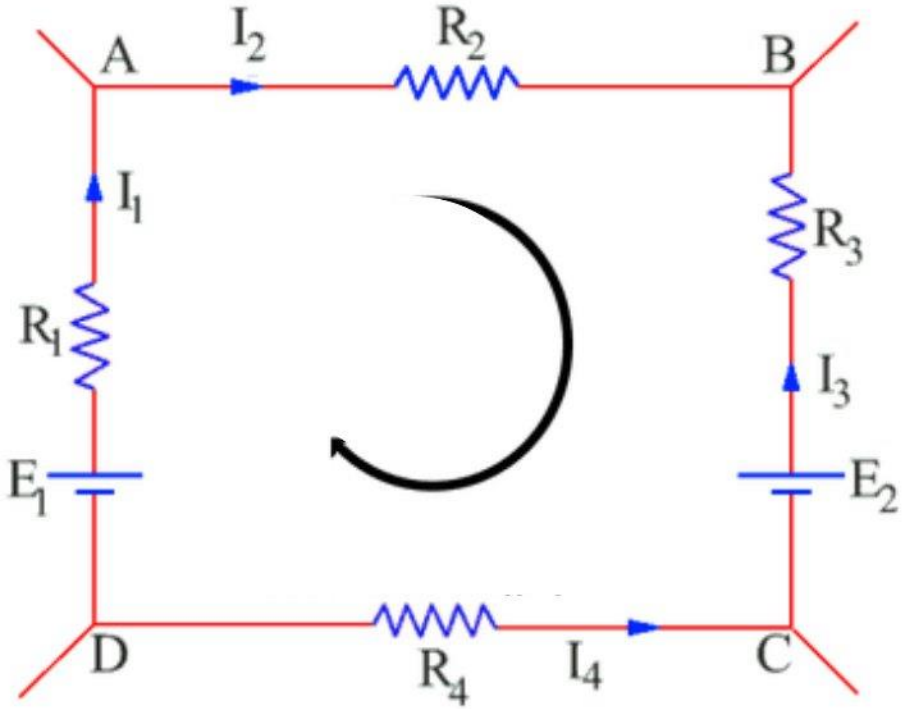


Kirchhoff's Voltage Law (KVL)

نص قانون كيرشوف للفولتية على أن:

المجموع الجبري للفولتية حول أي حلقة مغلقة يساوي صفرًا

أي أن: مجموع مصادر الجهد = مجموع الهبوط في الجهد $(\sum IR = \sum E)$

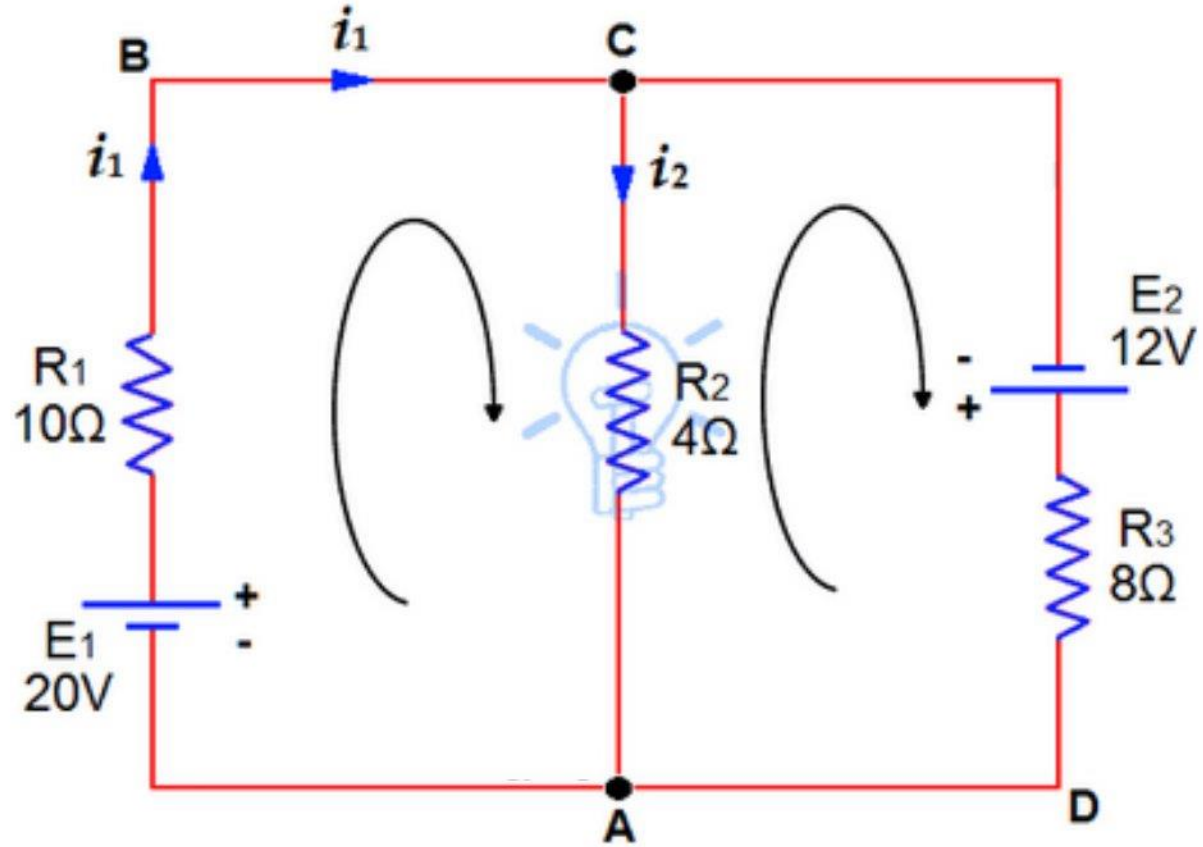


$$E_1 - E_2 = i_1R_1 + i_2R_2 - i_3R_3 - i_4R_4$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

For the circuit shown, find the current in each resistor.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.

By using KCL in node (C):

$i_1 = i_2 + i_3$

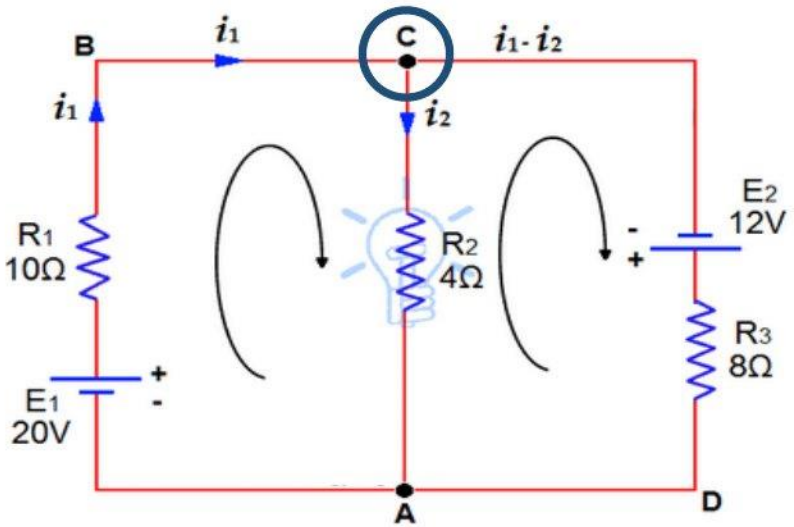
$i_3 = i_1 - i_2$

By using KVL in loop (ABC):

$+20 - 10i_1 - 4i_2 = 0$

$20 = 10i_1 + 4i_2$

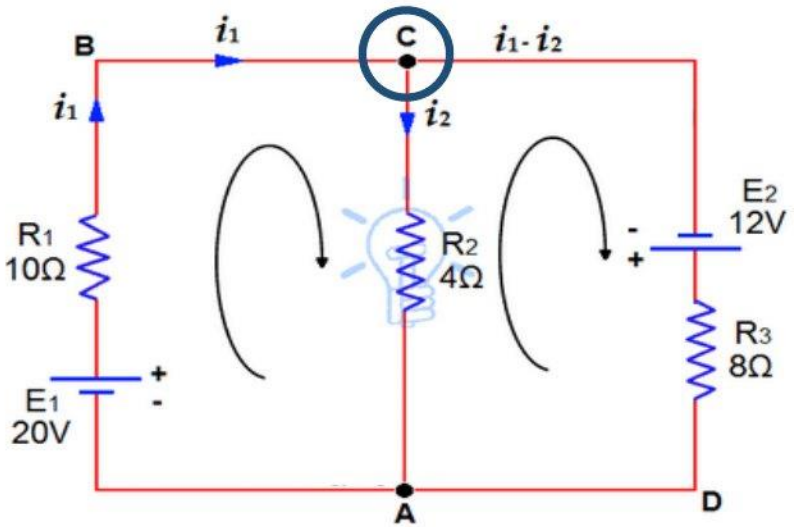
$$i_1 = \frac{20 - 4i_2}{10}$$ equ. (1)



م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.



By using KVL in loop (ACD):

$$+12 - 8(i_1 - i_2) + 4i_2 = 0$$

$$12 = 8i_1 - 8i_2 - 4i_2$$

$$8i_1 - 12i_2 = 12 \qquad \text{equ. (2)}$$

By substituting equ. (1) in equ. (2), we get:

$$8\left(\frac{20 - 4i_2}{10}\right) - 12i_2 = 12$$

$$\left(\frac{160 - 32i_2}{10} - 12i_2 = 12\right) \qquad \times 10$$

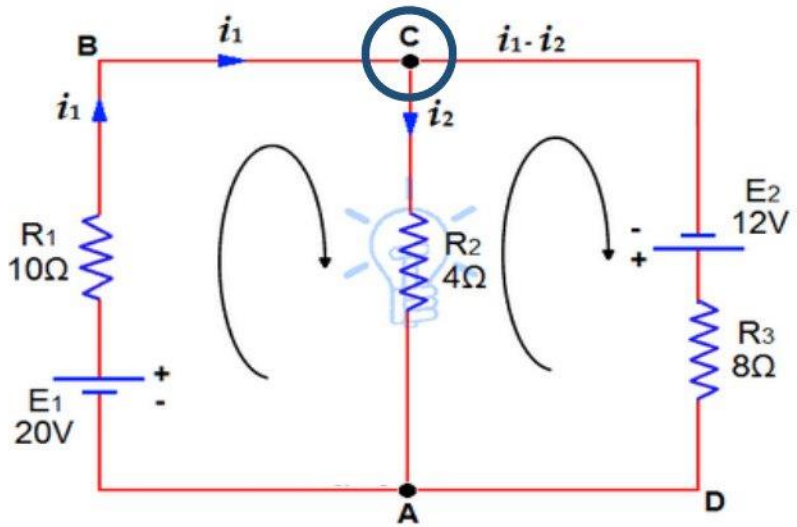
$$160 - 32i_2 - 120i_2 = 120$$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.

i_2 **= 0.263 Ampere**



By substituting the value of i_2 in equ.1, we get:

$$i_1 = \frac{20 - (4 \times 0.263)}{10}$$

i_1 **= 1.895 Ampere**

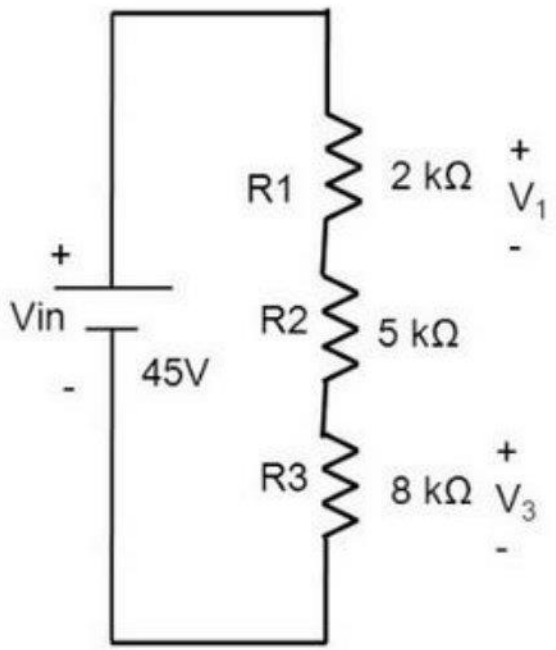
$i_3 = i_1 - i_2 = 1.895 - 0.263 =$ **1.632 Ampere**

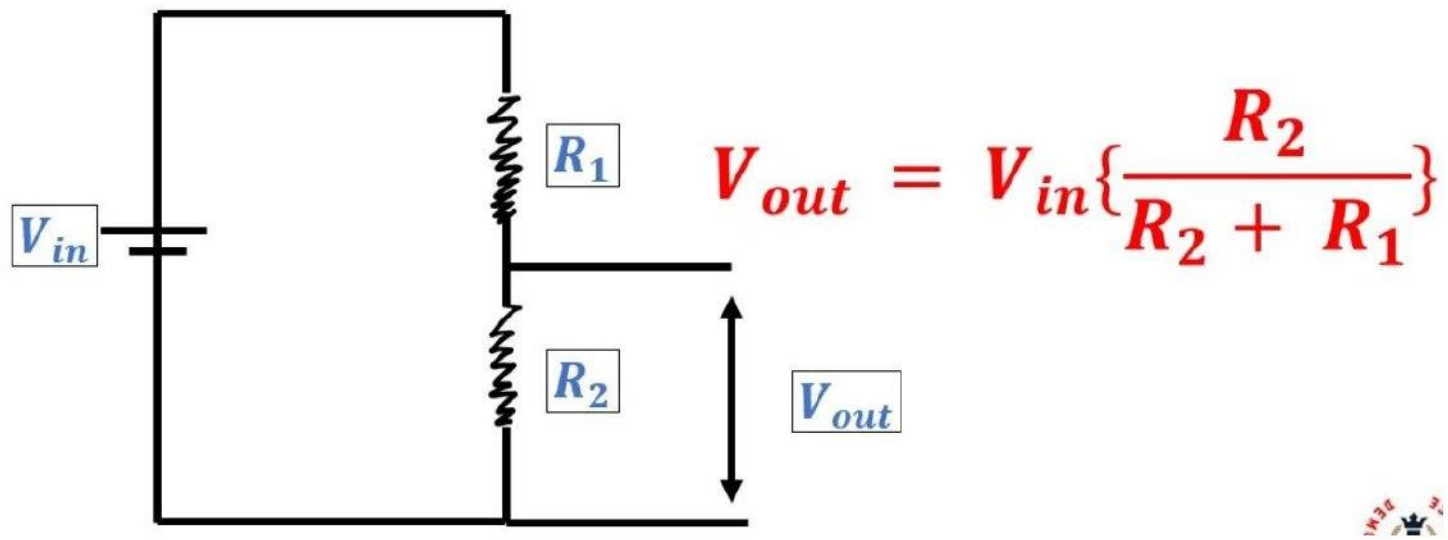
م.م. سرى سلام كمال الدين

Voltage Divider Rule (VDR)

يستخدم لإيجاد الفولتية على مقاومة واحدة ضمن **دائرة توالي**: (بوجود فولتية المصدر الكلية).

❖ **(في حال مقاومتين أو أكثر):**





م.م. سرى سلام كمال الدين

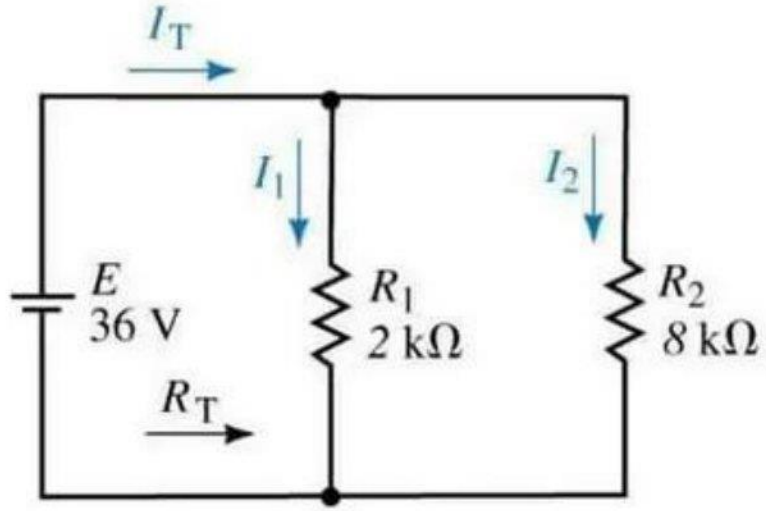
Current Divider Rule (CDR)

يُستخدم في **دوائر التوازي**: (بوجود I_t)

❖ **(في حال فرعين فقط):**

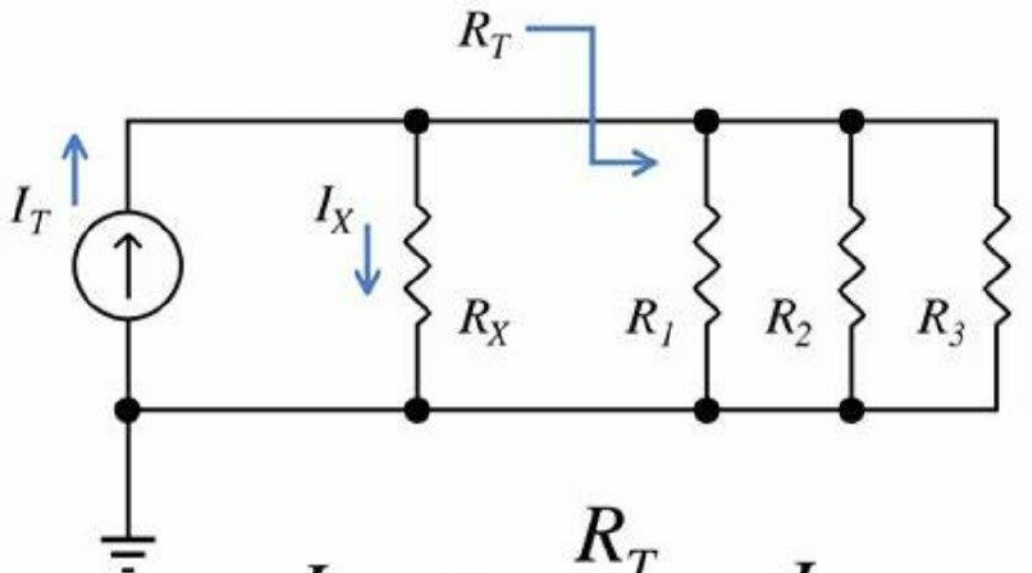
$$I_1 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) I_T$$

$$I_2 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_T$$



Current Divider Rule (CDR)

❖ **وفي حالة وجود أكثر من فرع**، نجعلهما فرعين متوازيين: الفرع المطلوب إيجاد I فيه وفرع أخر ناتج عن اختزال المقاومات الأخرى. ثم باستعمال KCL في node الذي يتفرع فيه التيار، نستطيع إيجاد I في الفرع المختزل أيضا.



$$I_X = \frac{R_T}{R_X + R_T} I_T$$

Example 2

For the circuit shown, Determine:

$V_{AB}, V_{BC}, V_{CD}, V_{DE}, V_{BE}$

Sol.

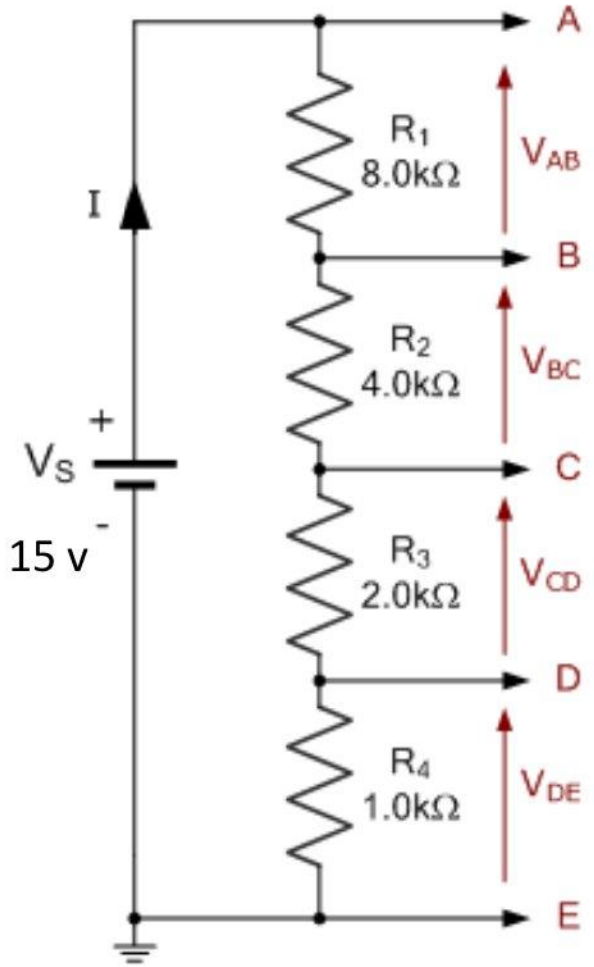
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 8k\Omega + 4k\Omega + 2k\Omega + 1k\Omega = 15k\Omega$$

$$V_{R1} = V_{AB} = V_S\left(\frac{R_1}{R_T}\right) = 15\left(\frac{8000}{15000}\right) = 8\text{volts}$$

$$V_{R2} = V_{BC} = V_S\left(\frac{R_2}{R_T}\right) = 15\left(\frac{4000}{15000}\right) = 4\text{volts}$$

$$V_{R3} = V_{CD} = V_S\left(\frac{R_3}{R_T}\right) = 15\left(\frac{2000}{15000}\right) = 2\text{volts}$$

$$V_{R4} = V_{DE} = V_S\left(\frac{R_4}{R_T}\right) = 15\left(\frac{1000}{15000}\right) = 1\text{volts}$$



Example 2

Sol.

ملاحظة: ويمكن أيضا استخراج V_{DE} باستخدام KVL حيث جميع المقاومات متوالية وقد تم استخراج بقية الفولتيات ولم تبق الا هذا الفولتية مجهولة:

$$V_S - V_{AB} - V_{BC} - V_{CD} - V_{DE} = 0$$

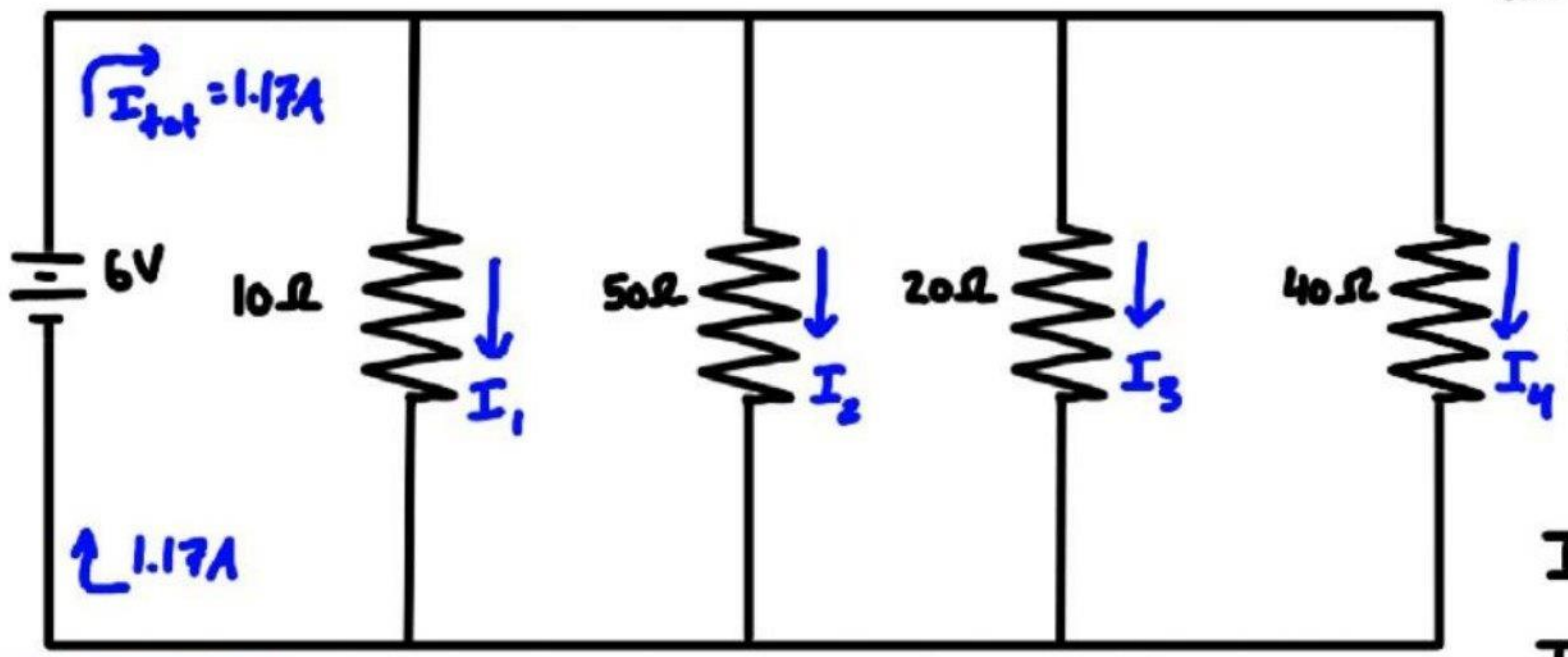
$$V_{DE} = V_S - V_{AB} - V_{BC} - V_{CD} = 1\ \text{v}$$

$$V_{BE} = V_S\left(\frac{R_2 + R_3 + R_4}{R_T}\right) = 15\left(\frac{4k\Omega + 2k\Omega + 1k\Omega}{15k\Omega}\right) = 7\,\text{volts}$$

ملاحظة: أو يمكن استخراج V_{BE} من جمع الفولتيات من النقطة B الى E.

Example 3

BY using CDR, determine the current in each branch.



$$R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{50} + \frac{1}{20} + \frac{1}{40}}$$

$$= \frac{1}{0.195}$$

$$R_{tot} = 5.128\,\Omega$$

$$V = I_{tot} R_{tot}$$

$$I_{tot} = \frac{V}{R_{tot}} = \frac{6V}{5.128\,\Omega} = 1.17A$$

$$I_i = I_{tot} \frac{R_{tot}}{R_i}$$

$$I_i = 1.17A \left(\frac{5.128\,\Omega}{40\,\Omega}\right)$$

$I_1 = 600mA$

$I_2 = 120mA$

$I_3 = 300mA$

$I_4 = 150mA$

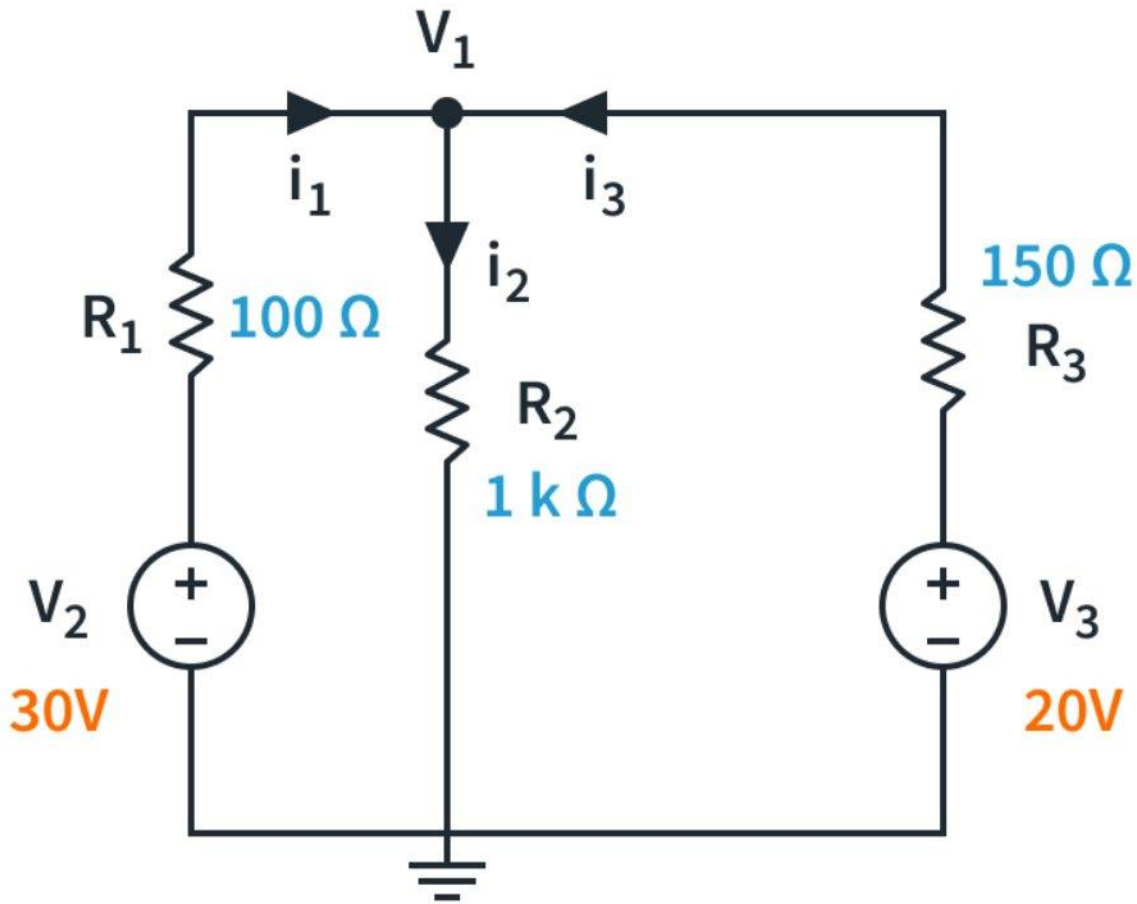
م.م. سرى سلام كمال الدين

Summary

- ✓ قوانين كيرشوف تُستخدم لتحليل أي دائرة.
- ✓ مقسم الجهد والتيار يبسّطان الحسابات.
- ✓ القوانين الأربعة مكملة لبعضها وليست منفصلة.

Homework

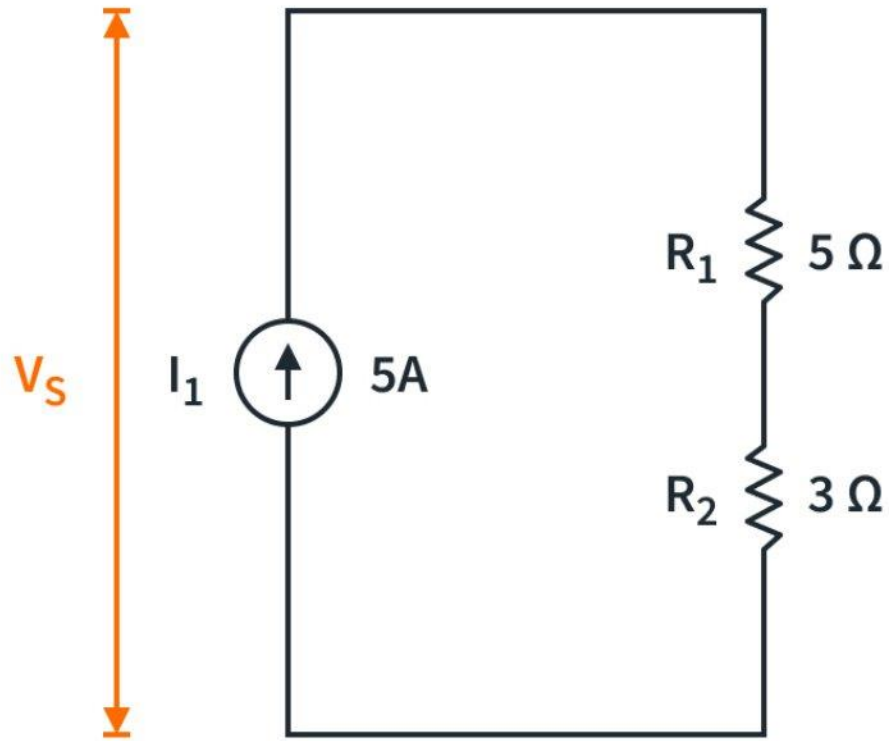
Q1\ For the circuit shown, find I_1 , I_2, I_3



م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

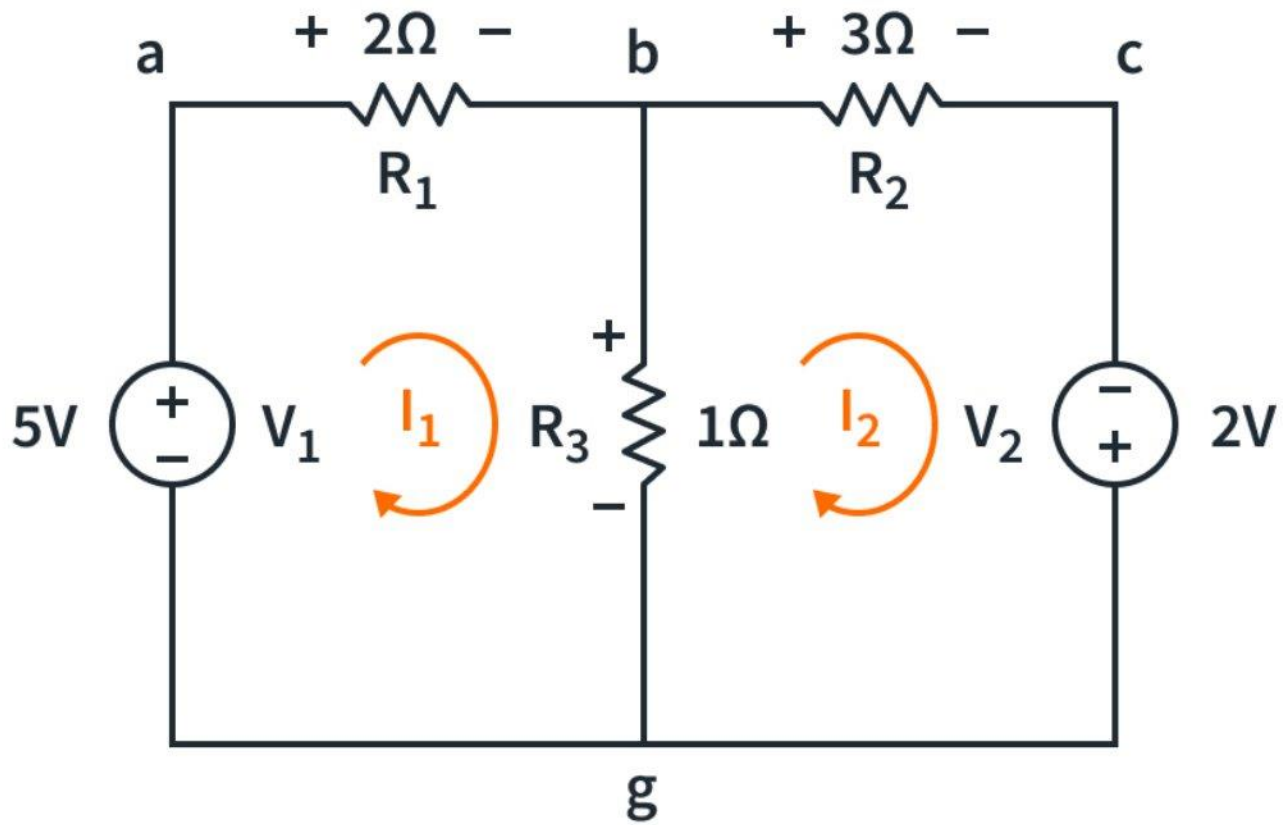
Q2\ For the circuit shown, determine the voltage drop across the current source using KVL.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

Q3\ For the circuit shown, use KVL to find I_1 and I_2.

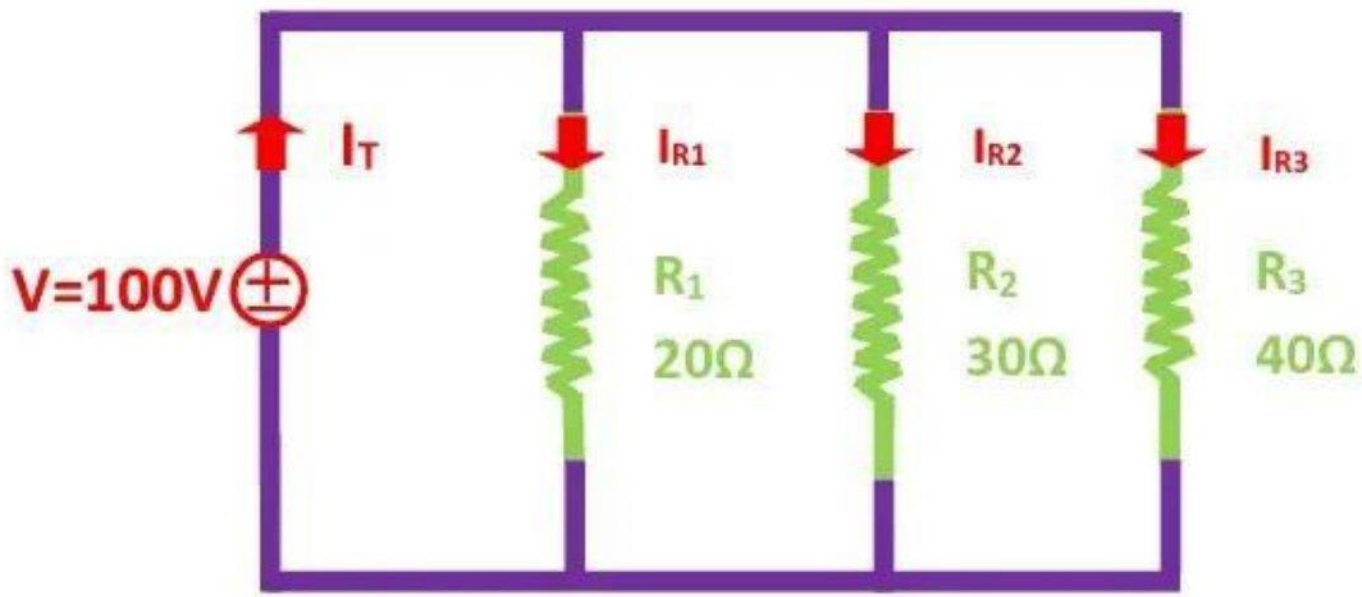


م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

Q4\ For the circuit shown, use current divider rule (CDR) to find:

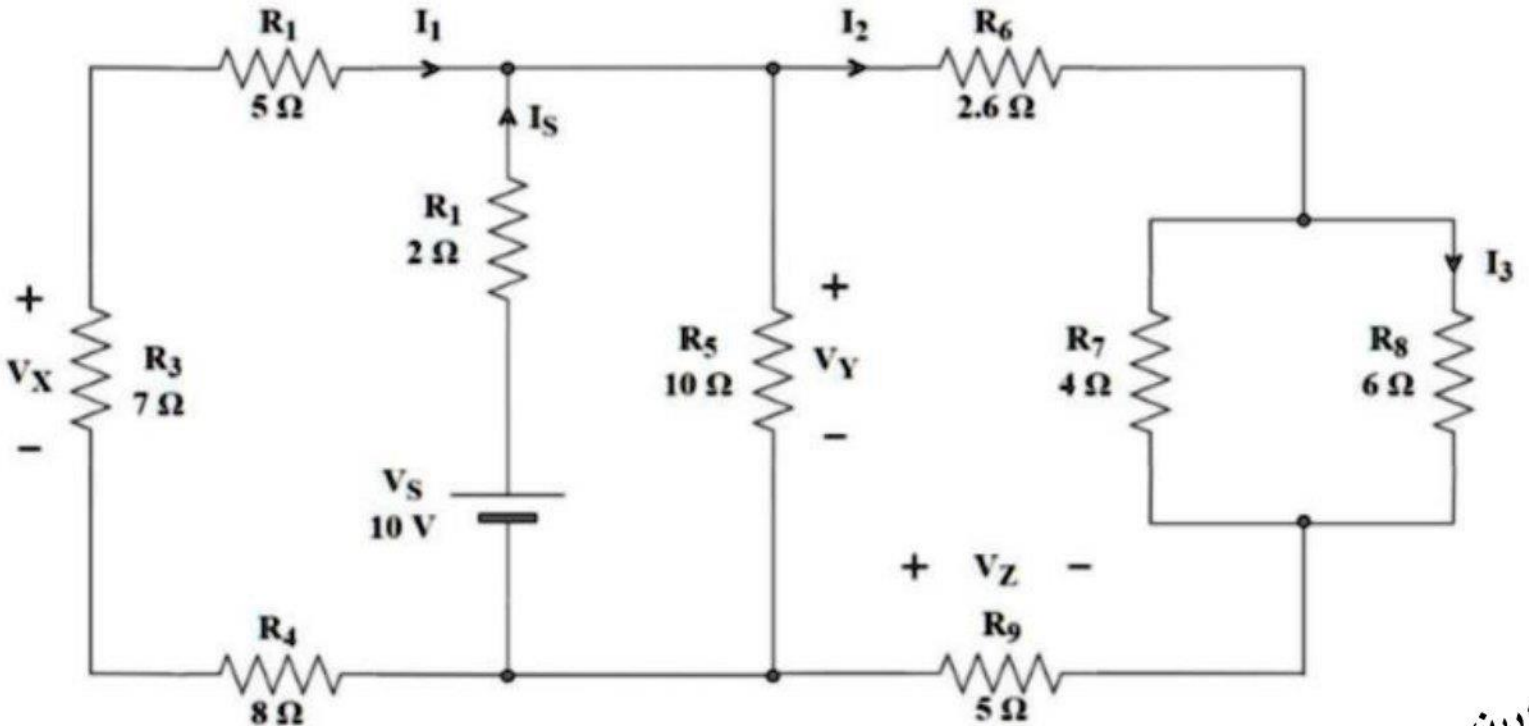
I_T, I_{R1}, I_{R2}, I_{R3}. Use Ohm's Law to find the voltage across each resistor.



م.م. سرى سلام كمال الدين

Homework

Q5\ By applying current divider rule (CDR) and voltage divider rule (VDR), determine the currents and voltages: I_1, I_2, I_3, v_x, v_y and v_z in figure shown.



م.م. سرى سلام كمال الدين

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ب (النقطة المحايدة

السؤال الثاني) :ج (معادلات التحويل

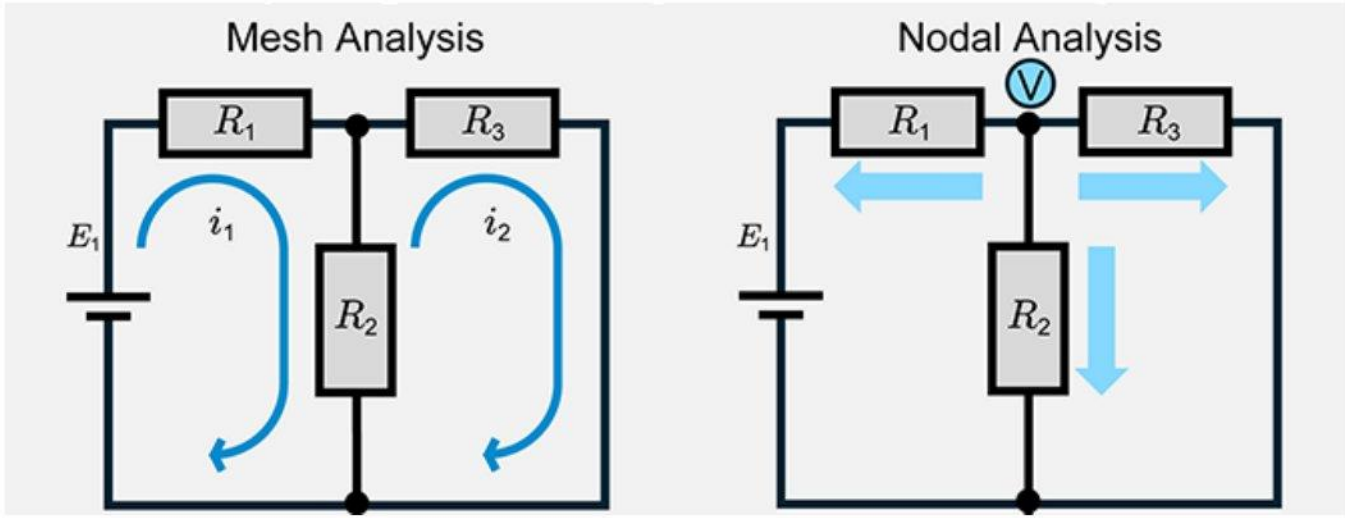
مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1 (KCL)	قانون كيرشوف للتيار (KCL)وتعريفه الأساسي
Q2 & Q3 (KVL)	قانون كيرشوف للفولتية + (KVL)التطبيق الكامل بطريقة الحلقات Example 1 —
Q4 (CDR)	صيغ قانون مقسم التيار + (CDR)تطبيق عملي Example 3 —
Q5 (CDR & VDR)	صيغ مقسم الجهد (VDR)ومقسم التيار + (CDR)التطبيقات Example 2 —و3

المحاضرة 11th & 12th:

تحليل الدوائر الكهربائية باستخدام:

Mesh & Nodal Analysis



م.م. سرى سلام كمال الدين

المعهد التقني- نجف

قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :قوانين كيرشوف وقوانين المقسم (Kirchhoff's Laws & Divider Rules)

1 **قانون كيرشوف للتيار (KCL)ينص على أن مجموع التيارات الداخلة إلى أي عقدة يساوي:**

ج مجموع الفولتيات في الحلقة

ب مجموع التيارات الخارجة منها

أ الصفر دائماً بلا شروط

2 **قانون مقسم الجهد (VDR)يُستخدم لإيجاد فولتية مقاومة واحدة ضمن دائرة:**

ج مفتوحة بلا مصدر

ب توازي

أ توالي

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

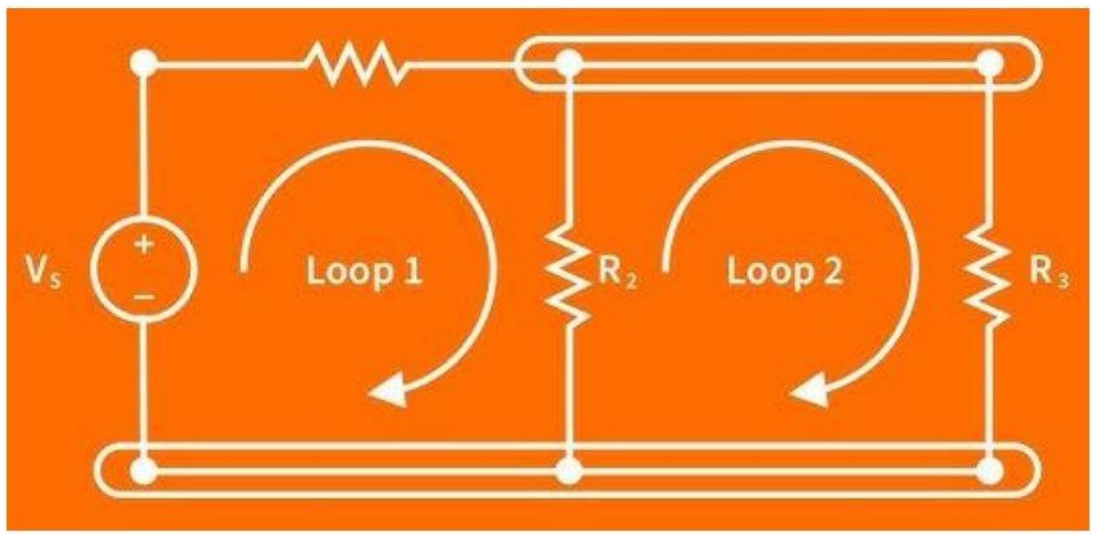
1. فهم مبدأ Mesh Analysis وتطبيق قانون KVL لتحليل الدوائر.
2. فهم مبدأ Nodal Analysis وتطبيق قانون KCL لإيجاد فولتيات العقد.
3. التمييز بين الحالات المناسبة لاستخدام كل طريقة.
4. حل دوائر كهربائية تحتوي عدة مقاومات ومصادر باستخدام الطريقتين.
5. مقارنة النتائج وتحليل صحة الحل.

Why Mesh & Nodal Analysis

مع زيادة عدد العناصر في الدائرة يصبح التحليل المباشر صعبًا.

لذلك نستخدم طرق تحليل منهجية لتسهيل إيجاد التيارات Currents والفولتيات Voltages.

Mesh & Nodal Analysis هي طرق رياضية منظمة لتحليل الدوائر الكهربائية المعقدة اعتمادًا على قوانين كيرشوف.

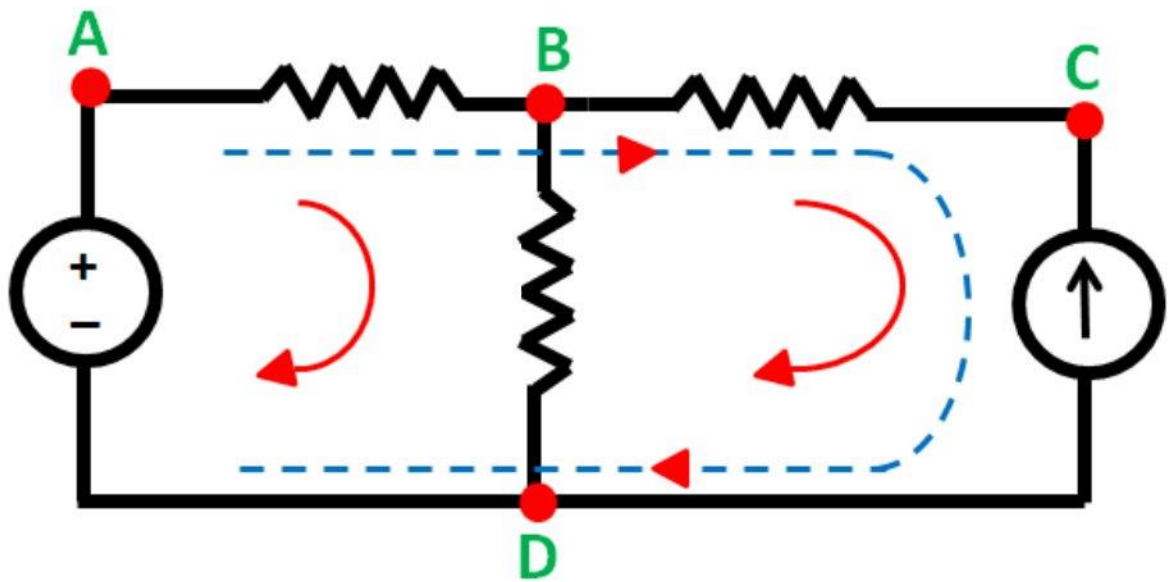


Mesh Analysis

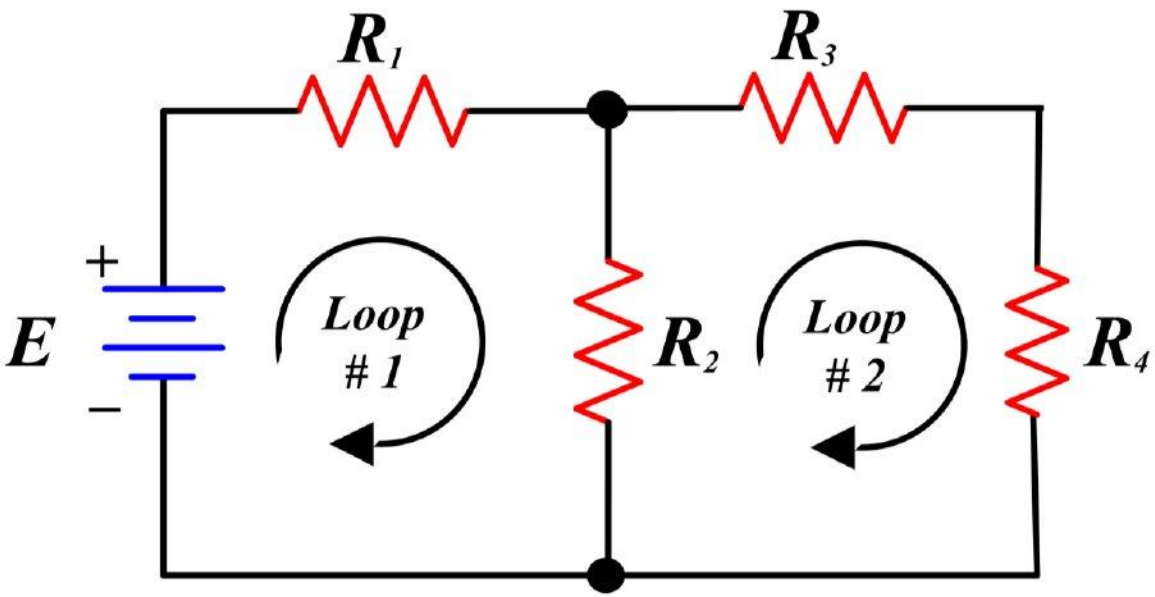
هي طريقة تحليل تعتمد على تطبيق KVL حول الحلقات المغلقة Meshes لإيجاد Mesh Currents.

المصطلحات:

Mesh – Loop – Mesh Current



خطوات Mesh Analysis



1. تحديد المسارات meshes.
2. **افتراض** اتجاه تيار لكل mesh
3. تطبيق KVL لكل mesh على أساس اتجاه التيار المفترض مع اتجاه السهم وليس الاتجاه الحقيقي بالضرورة.
1. حل المعادلات

ملاحظة:

إذا ظهرت قيمة سالبة ← الاتجاه الحقيقي للتيار معاكس.

Example 1

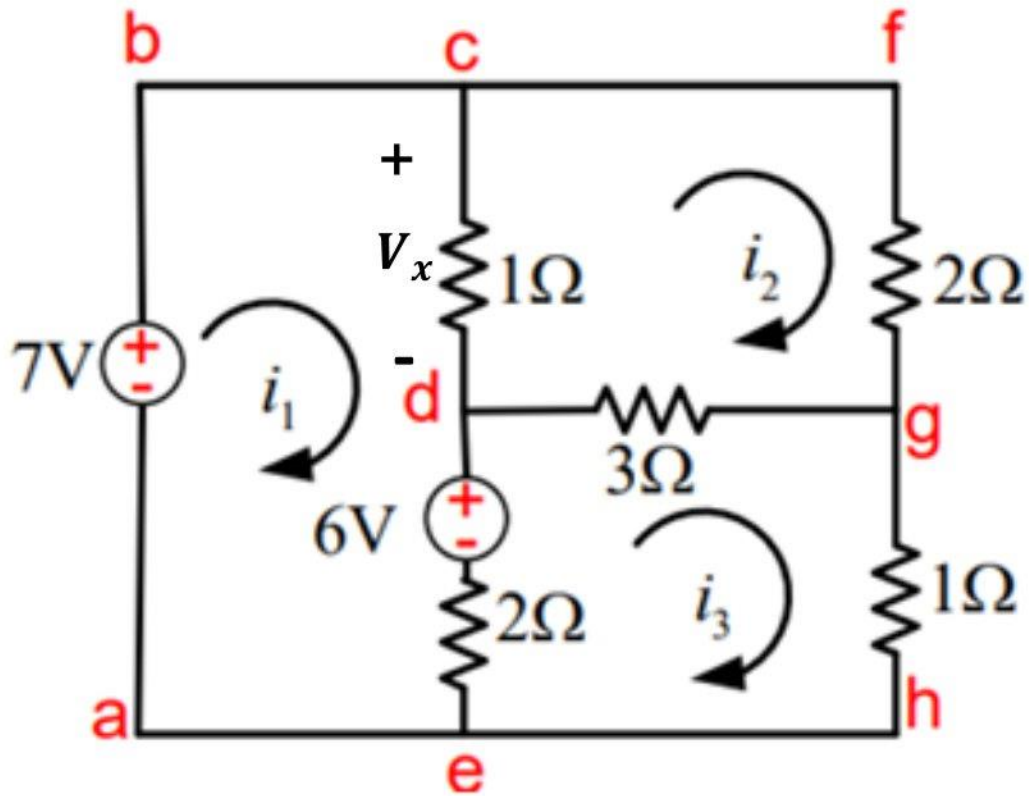
For the circuit shown, use Mesh Analysis to find:

i_1

i_2

i_3

v_x



م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.

Mesh 1:

$7-1(i_1-i_2)-6-2(i_1-i_3)=0$

$7-i_1+i_2-6-2i_1+2i_3=0$

$-3i_1+i_2+2i_3=-1$ --------equ.(1)

Mesh 2:

$-1(i_2-i_1)-2i_2-3(i_2-i_3)=0$

$-i_2+i_1-2i_2-3i_2+3i_3=0$

$+i_1-6i_2+3i_3=0$ --------equ.(2)

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.

Mesh 3:

$+6-3(i_3-i_2)-1i_3-2(i_3-i_1)=0$

$6-3i_3+3i_2-i_3-2i_3+2i_1=0$

$2i_1+3i_2-6\ i_3=-6$ --------equ.(1)

By solving the equations, we get:

$i_1= 3A$

$i_2= 2A$

$i_3= 3A$

م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 1

Sol.

$$v_x = i_{1\Omega} \times 1\Omega$$
$$v_x = (i_1 - i_2) \times 1\Omega$$
$$v_x = (3-2) \times 1\Omega$$
$$v_x = 1v$$

ملاحظة:

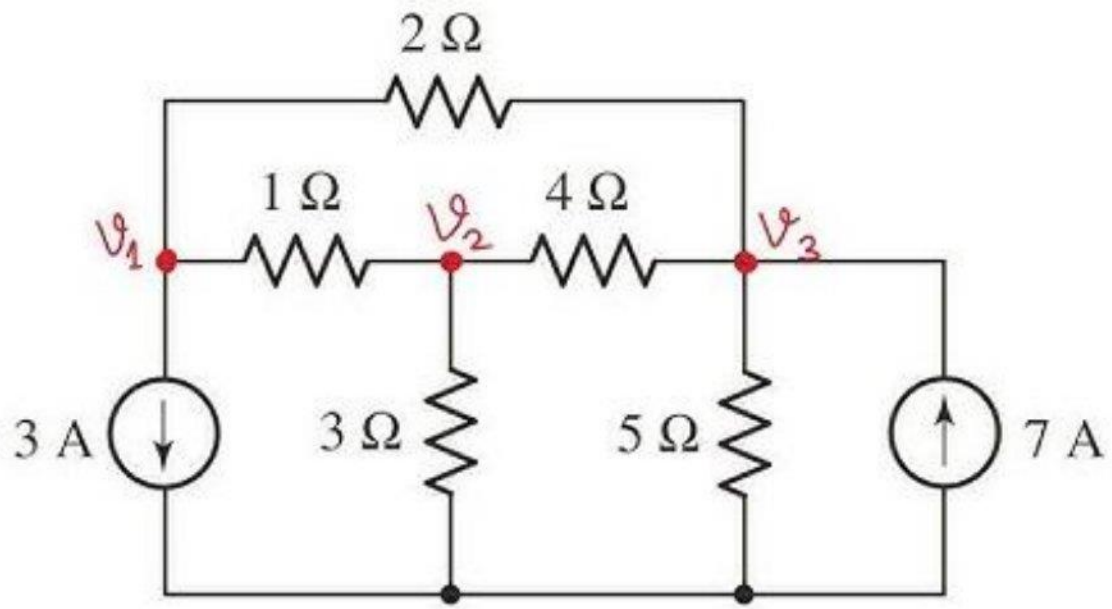
(التيار المار في المقاومة 1Ω المطلوب على طرفيها الفولتية هو الفرق بين التيار الأكبر والتيار الأصغر الماران في هذه المقاومة)

Nodal Analysis

هي طريقة تعتمد على تطبيق KCL عند العقد nodes لإيجاد Node Voltages.

المصطلحات:

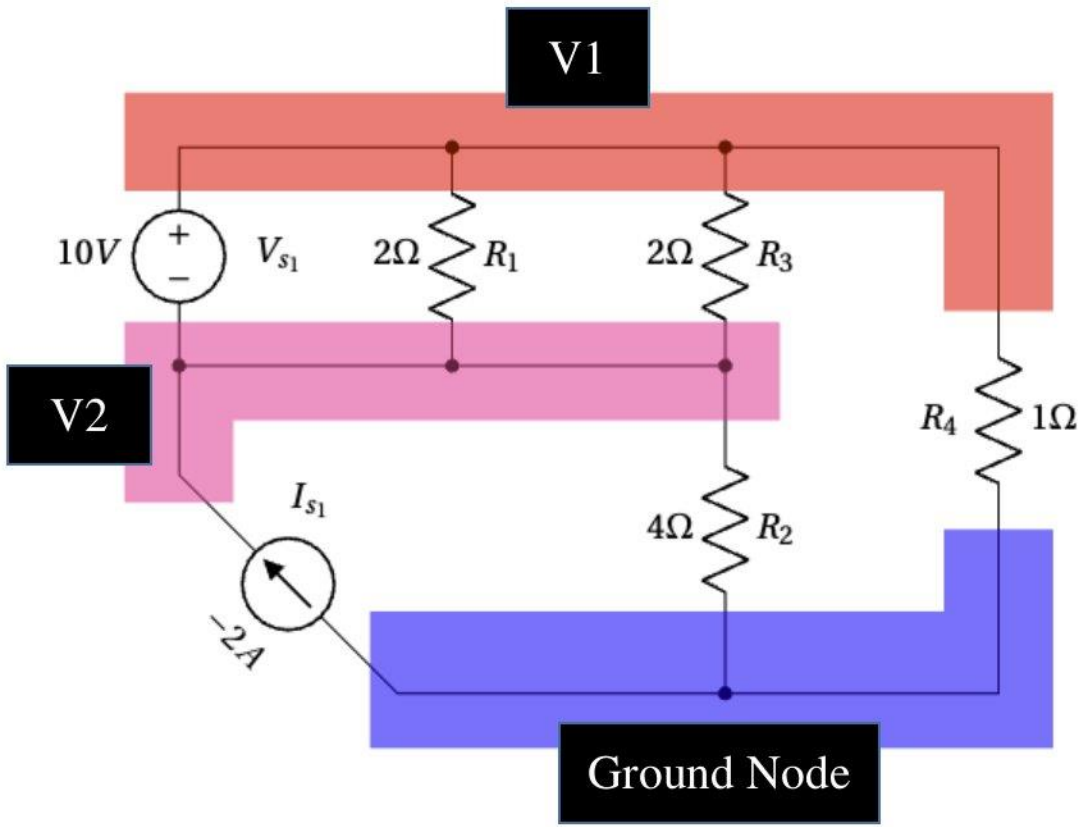
Node – Node Voltage – Reference Node (Ground)



م.م. سرى سلام كمال الدين

خطوات Nodal Analysis

1. اختيار العقدة المرجعية Ground
2. تسمية فولتيات العقد (V1, V2, …)
3. تطبيق KCL عند كل عقدة
4. حل المعادلات



م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 2

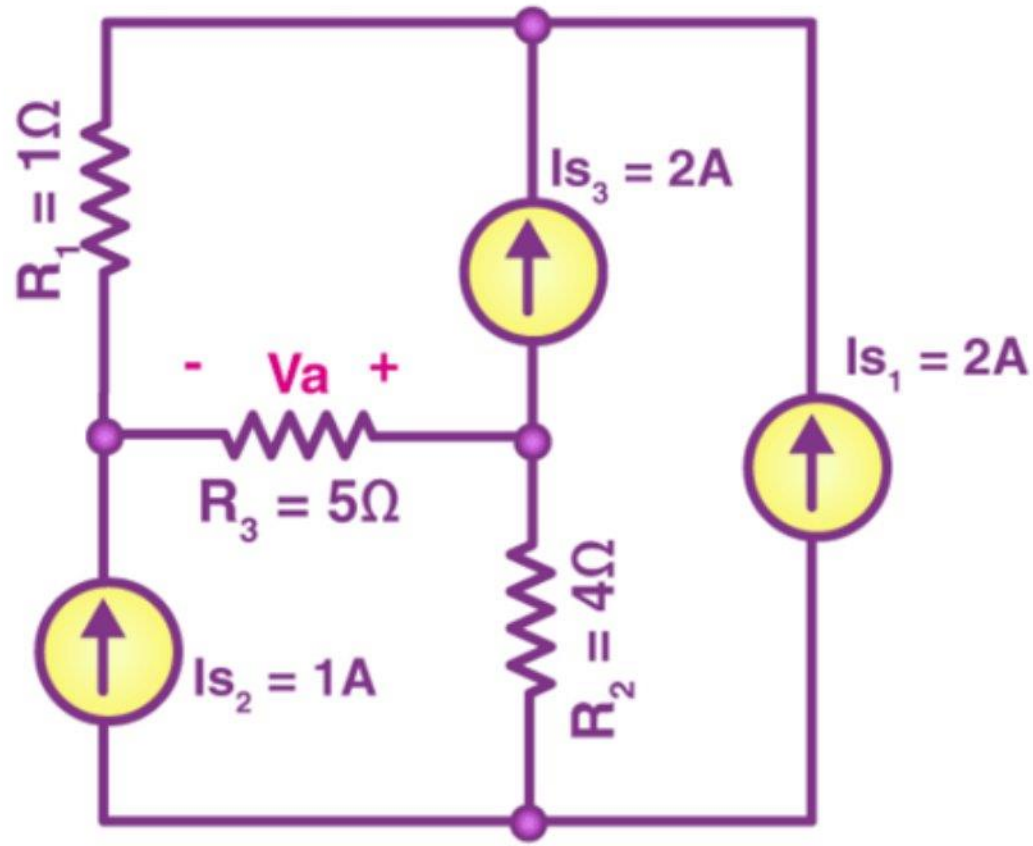
For the circuit shown, use Nodal Analysis to find:

V_1

V_2

V_3

V_a



م.م. سرى سلام كمال الدين

Example 2

Sol.

Node 1:

$$-2-2+\frac{V_1 - V_2}{1} = 0$$

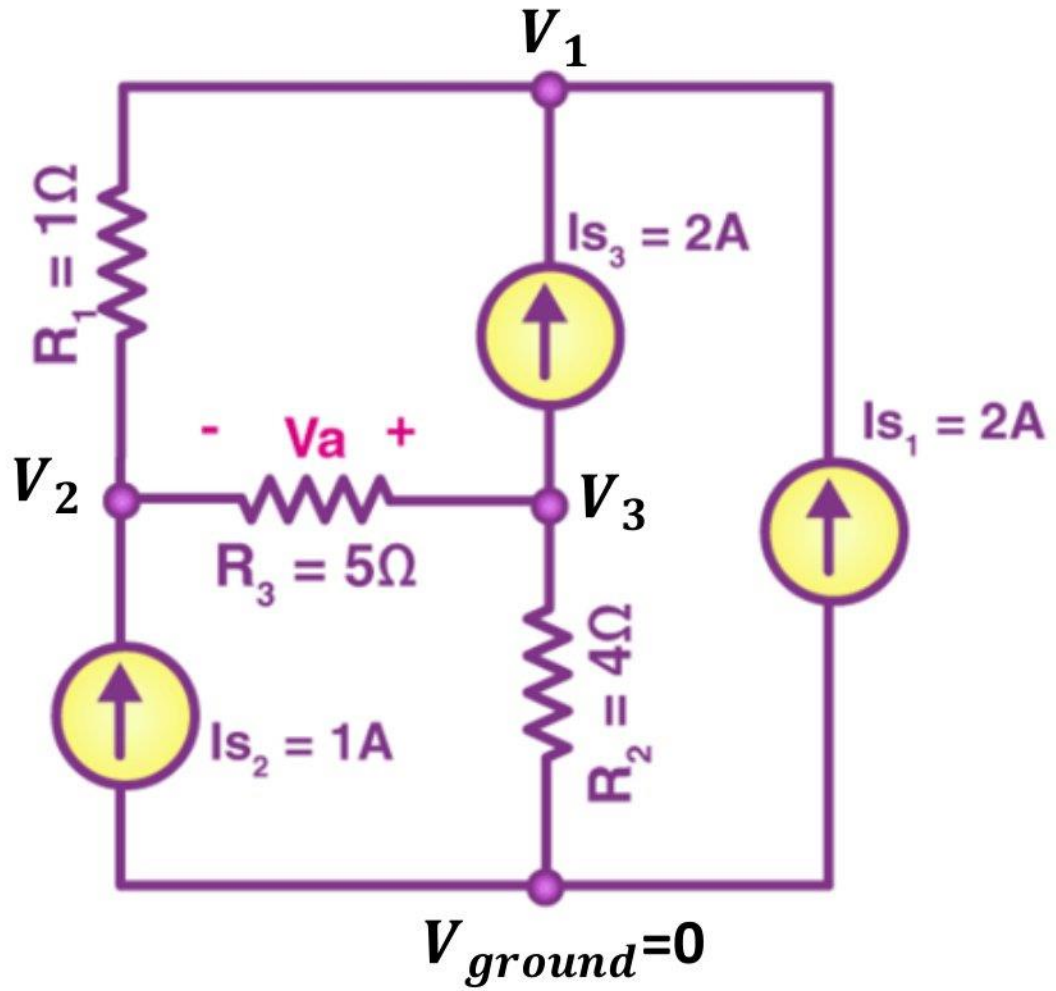
$$V_1 - V_2 + 0\,V_3 = 4 \text{ -----equ.(1)}$$

Node 2:

$$\frac{V_2 - V_1}{1} + \frac{V_2 - V_3}{5} - 1 = 0$$

$$V_2 - V_1 + (1/5)\,V_2 - (1/5)\,V_3 - 1 = 0$$

$$-V_1 + 1.2V_2 - 0.2\,V_3 = 1 \text{ -----equ.(2)}$$



Example 2

Sol.

Node 3:

$$2+\frac{V_3-V_2}{5}+\frac{V_3-0}{4}=0$$

$$2+0.2\,V_3-0.2V_2+0.25\,V_3=0$$

$$0\,V_1-0.2V_2+0.45\,V_3=-2 \quad \text{---equ.(3)}$$

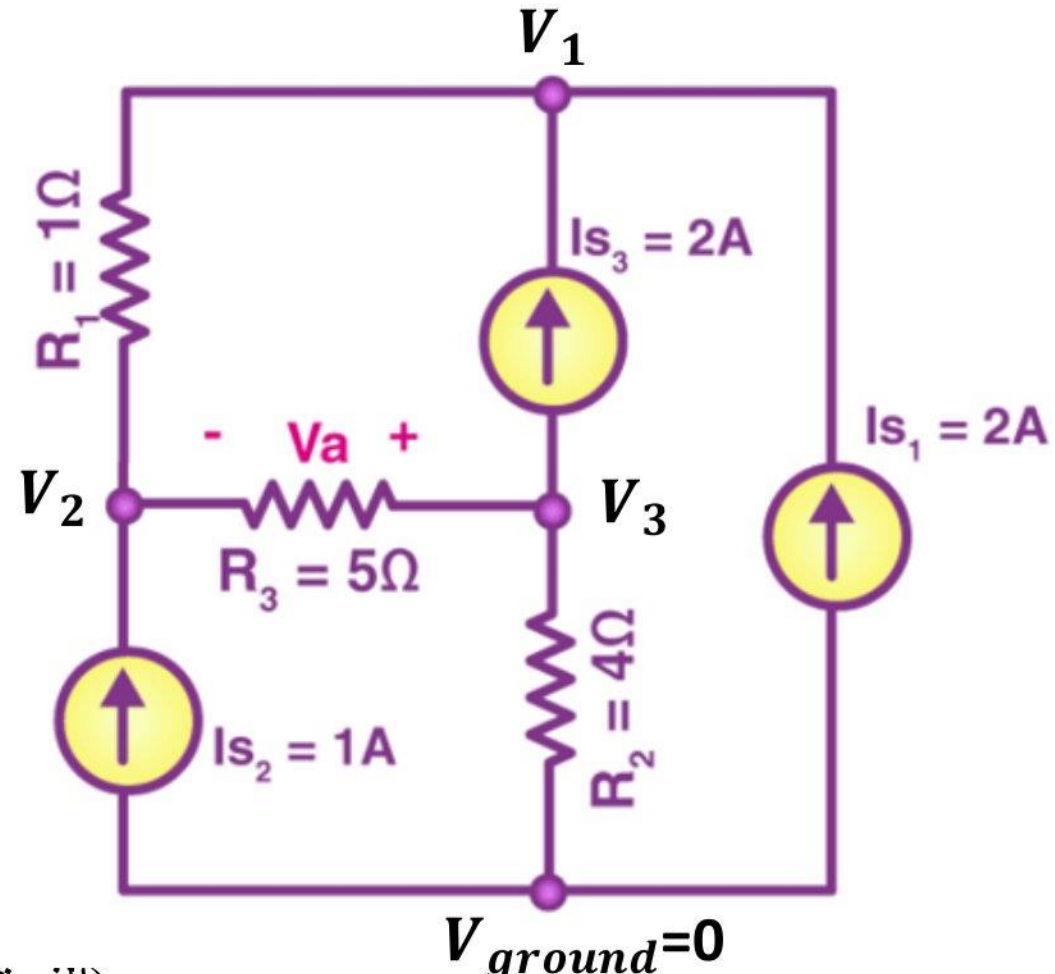
By solving the equations, we get:

$V_1=41\text{v}$

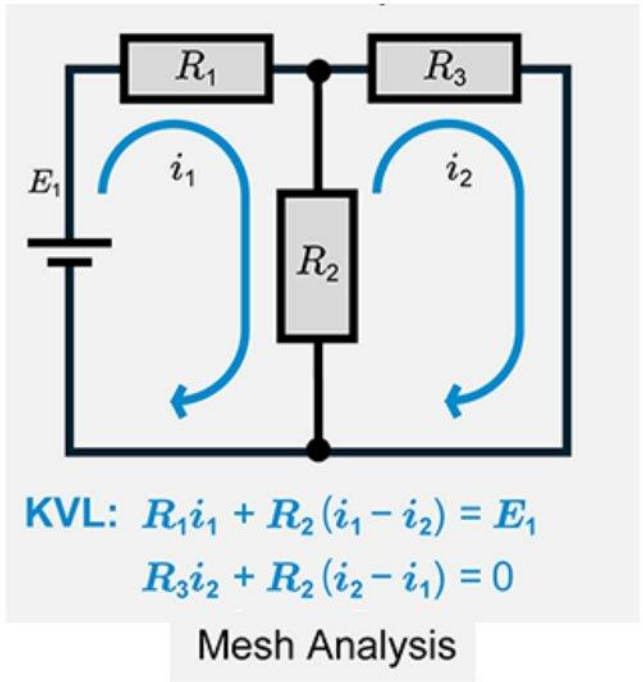
$V_2=37\text{v}$

$V_3=12\text{v}$

$V_a=37-12=25\text{ v}$ (الفرق بين الفولتيات على طرفي المقاومة)



مقارنة بين الطريقتين



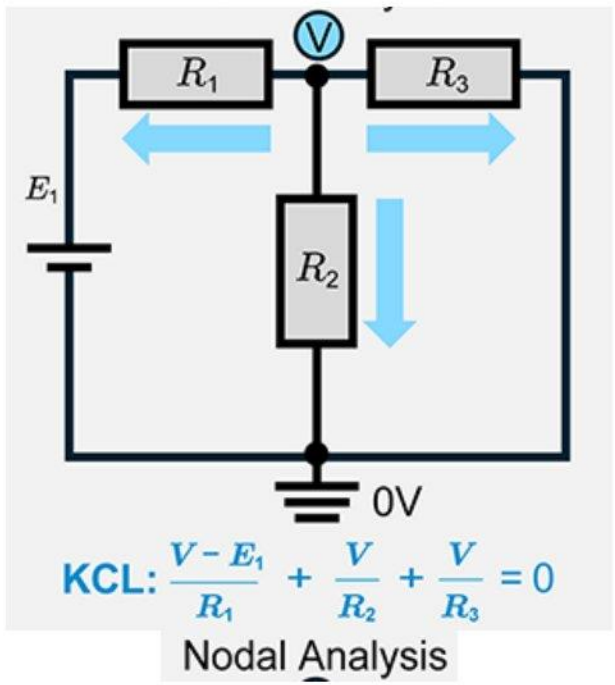
Mesh Analysis

Mesh Analysis

يعتمد على KVL

يحسب التيارات

مناسب لمصادر الجهد



Nodal Analysis

Nodal Analysis

يعتمد على KCL

يحسب الفولتيات

مناسب لمصادر التيار

م.م. سرى سلام كمال الدين

متى أختار كل طريقة؟

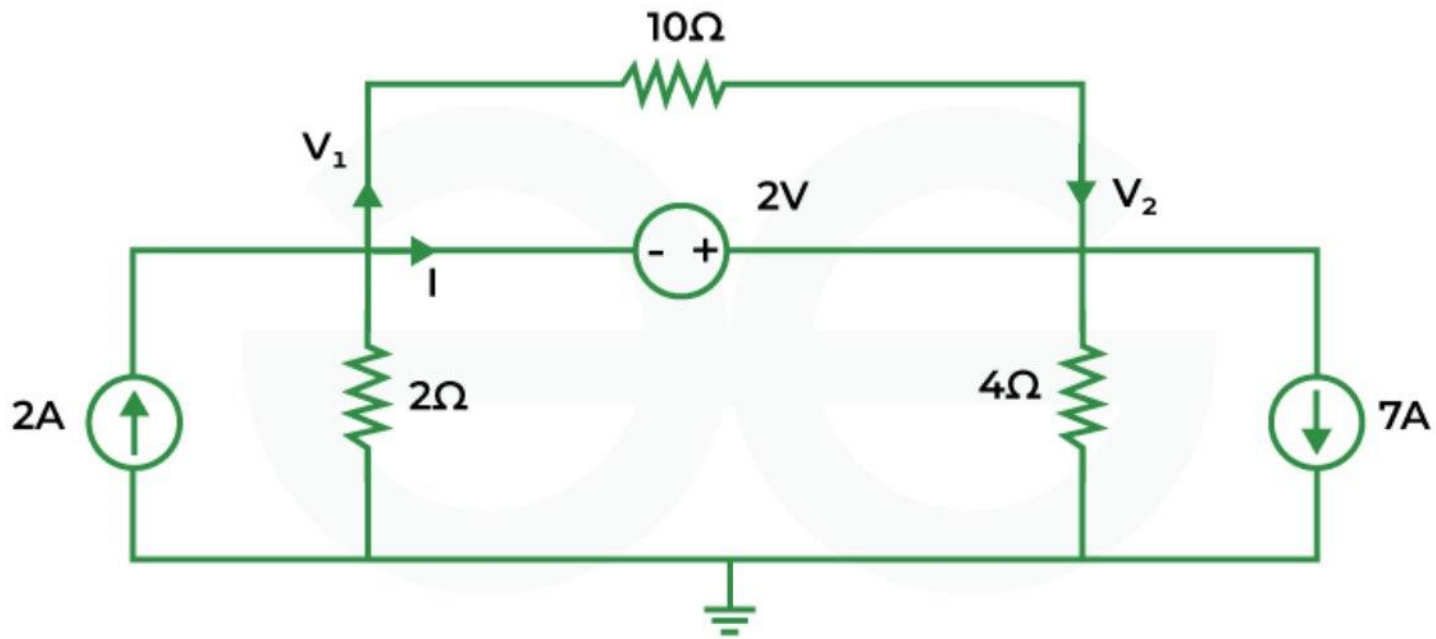
✓ أختر Mesh إذا كانت الدائرة تحتوي مصادر جهد كثيرة.

✓اختر Nodal إذا كانت تحتوي مصادر تيار كثيرة.

✓اختر الطريقة التي تعطي عدد معادلات أقل.

Homework

Find V1 & V2.



مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ب (مجموع التيارات الخارجة

السؤال الثاني) :أ (دائرة توالي

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

السؤال الوحيد	خطوات Nodal Analysisالعامة)اختيار العقدة المرجعية KCL +عند كل عقدة(
السؤال الوحيد	تطبيق كامل لتحليل العقد بوجود مصادر تيار متعددة، مماثل لحالة الواجب Example 2 —

ملاحظة :يحتوي سؤال الواجب على مصدر فولتية عائم بين عقدتين — (Supernode)يُحل بدمج معادلتي KCLللعقدتين معًا، وفق نفس منهجية Nodal Analysisأعلاه.

م.م .سرى سلام كمال الدين

المحاضرة 13th ,14th

Thevenin's Theorem

الدوائر المكافئة

تبسيط الدوائر الكهربائية

م. م. سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني -نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي – Mesh & Nodal Analysis

عن المحاضرة السابقة :تحليل الدوائر باستخدام Mesh & Nodal Analysis

1 طريقة Mesh Analysis تعتمد على تطبيق:

ج قانون أوم فقط

ب قانون كيرشوف للفولتية (KVL)

أ قانون كيرشوف للتيار (KCL)

2 يُفضّل استخدام Nodal Analysis عندما تحتوي الدائرة على:

ج مقاومات متساوية فقط

ب مصادر تيار كثيرة

أ مصادر جهد كثيرة

أهداف المحاضرة

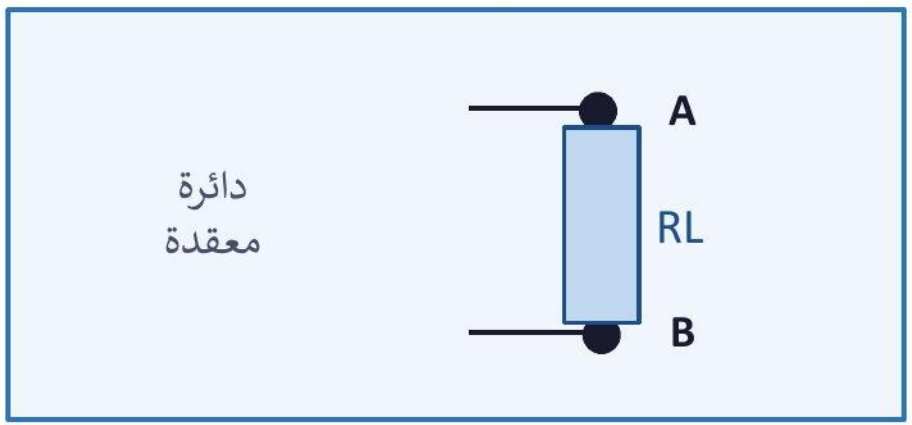
في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. فهم نظرية ثفنن (Thevenin's Theorem) وأهميتها في تحليل الدوائر.
2. إيجاد جهد ثفنن المكافئ Vth بدقة.
3. حساب مقاومة ثفنن المكافئة Rth بعد إطفاء المصادر.
4. تبسيط الدوائر الكهربائية المعقدة إلى دائرة مكافئة بسيطة.
5. حساب تيار الحمل IL باستخدام قانون أوم.

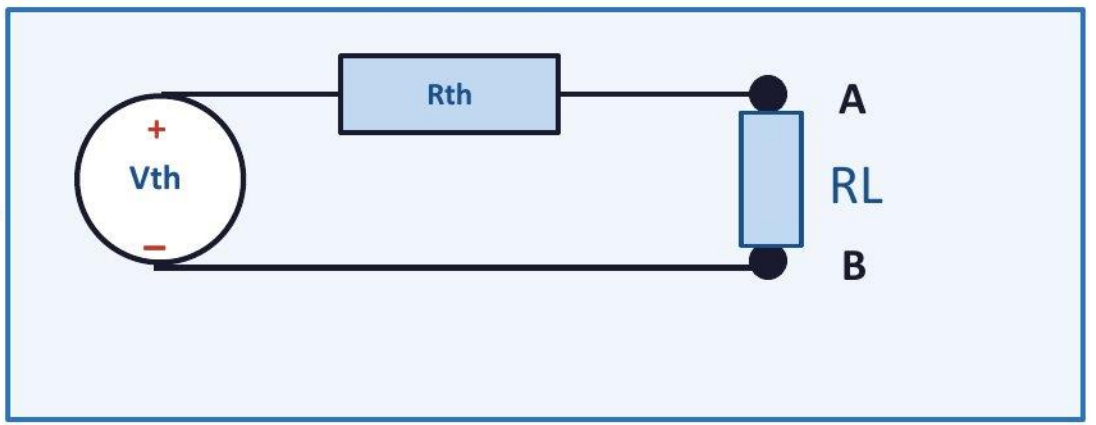
Thevenin's Theorem – تعريف النظرية

أي دائرة خطية يمكن استبدالها بمصدر جهد مكافئ Vth على التوالي مع مقاومة مكافئة Rth

الدائرة الأصلية



الدائرة المكافئة (Thevenin)



$$IL = Vth / (Rth + RL)$$

خطوات تطبيق نظرية ثفنن

RL

1 تحديد مقاومة الحمل

حدد المقاومة المطلوب إيجاد التيار خلالها

Short / Open

4 إطفاء المصادر

Is : open

Vs : short

Open

2 إزالة الحمل

افصل RLمن الدائرة

Ω

5 حساب Rth

المقاومة المكافئة بين طرفي الحمل

KCL / KVL

3 حساب Vth

جهد الدائرة المفتوحة عند طرفي الحمل

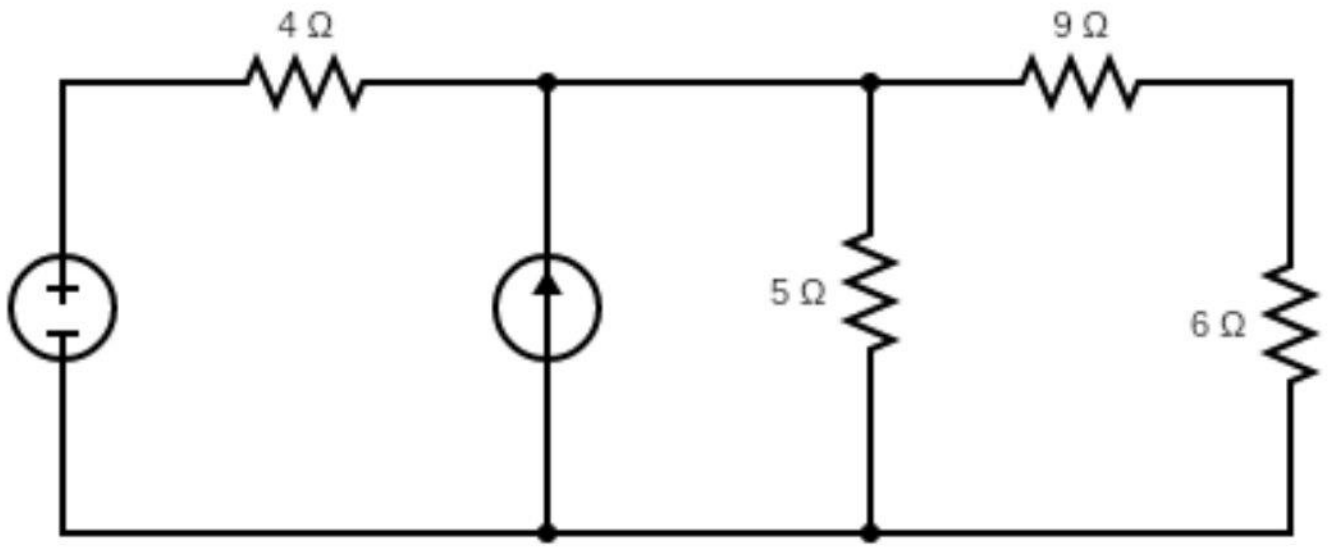
Ohm's Law

6 تيار الحمل

IL = Vth / (Rth + RL)

Example 1

For the circuit shown, use Thevenin's Theorem to find IL.



المعطيات
Vs = 50 V
Is = 3 A
R1 = 4 Ω
R2 = 5 Ω
R3 = 9 Ω
RL = 6 Ω

Example 1

Sol.

لحساب فولتية الثفنن: تطبيق KCLعند العقدة في الأعلى بعد إزالة RL:

$$((V - 50)/4) - 3 + (V/5) = 0$$

$$Vth = 34.4\ V$$

Example 1 – حساب Rth

Sol.

إطفاء المصادر: Vs (Short) ، Is (Open)

Vs → Short (سلك)

Is → Open (فتح)

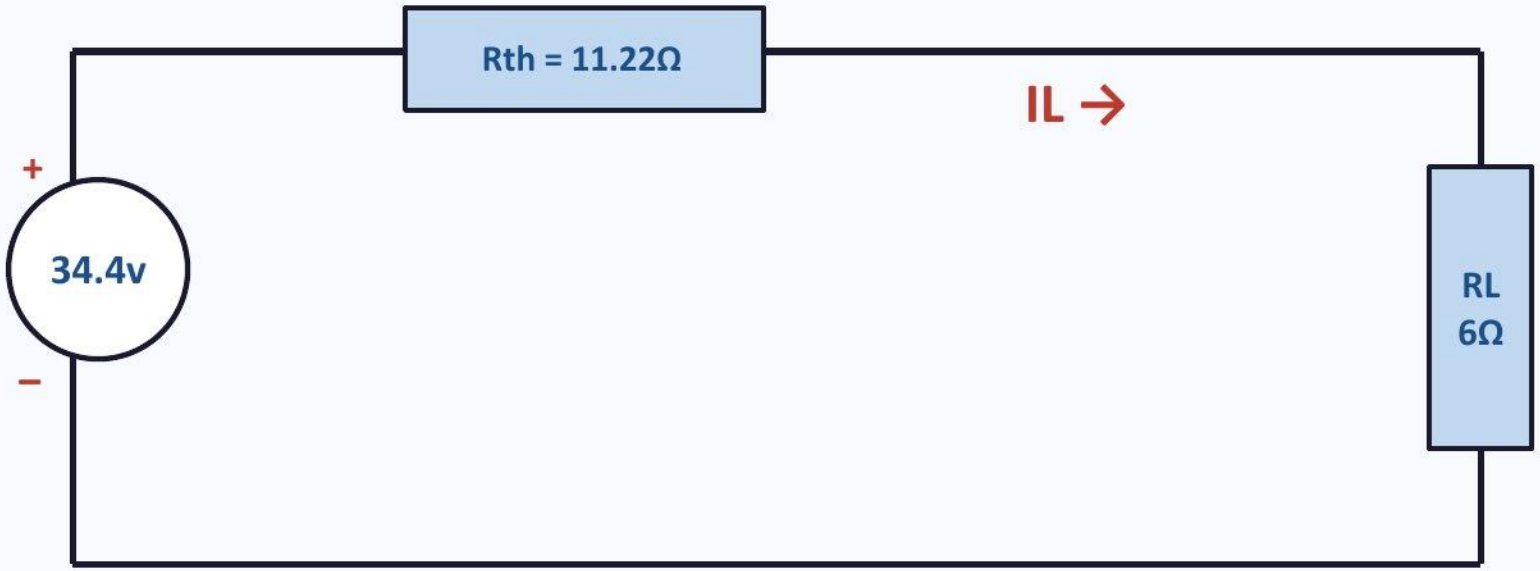
$$Rth = R3 + (R1 \parallel R2)$$

$$R1 \parallel R2 = (4 \times 5) / (4 + 5) = 20/9 = 2.22\ \Omega$$

$$Rth = 9 + 2.22 = 11.22\ \Omega$$

$$\boxed{Rth = 11.22\ \Omega}$$

Example 1 – تيار الحمل IL



الحل:

IL = Vth / (Rth + RL)

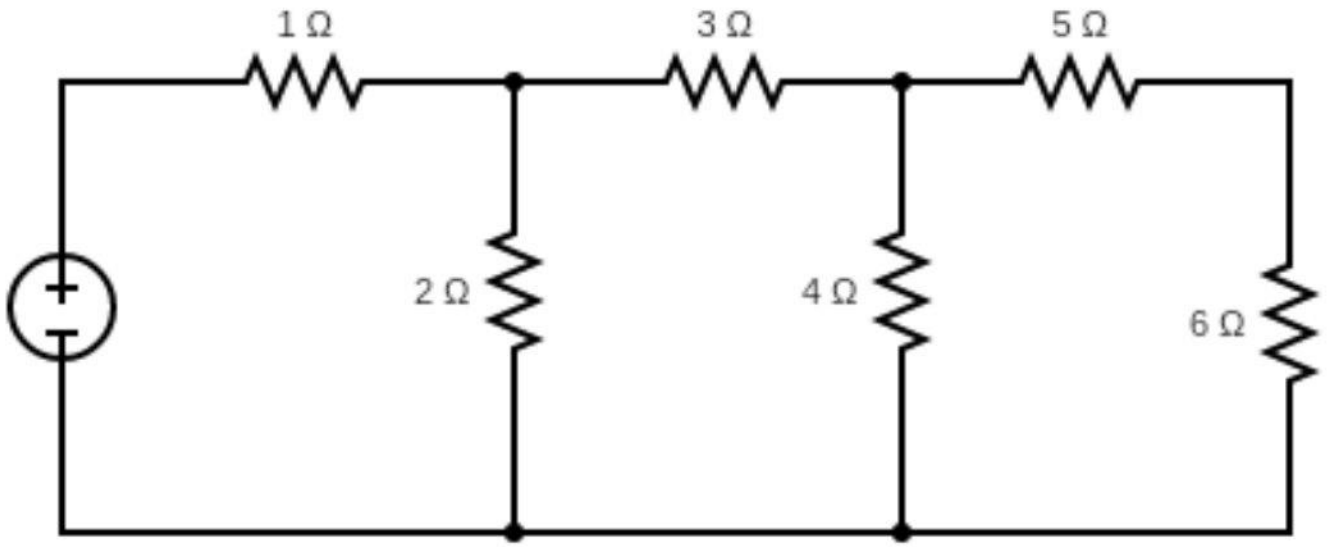
IL = 34.4 / (11.22 + 6)

IL = 34.4 / 17.22

IL = 2 A

Example 2

For the circuit shown, use Thevenin's Theorem to find IL:



المعطيات
Vs = 10 V
R1 = 1 Ω
R2 = 3 Ω
R3 = 5 Ω
R4 = 2 Ω
R5 = 4 Ω
RL = 6 Ω

Example 2

Sol.

تطبيق KCL عند العقدتين V1و V2بعد إزالة RL

Node 1:

Node 2:

V1 =

V2 =

Vth = V2 = v

Example 2

Sol.

أو أن تحل بأعتبار أن Vth هو الفولتية على طرفي المقاومة Ω 4 :

V4 Ω :

$$V4\ \Omega = I\ 4\Omega * 4\Omega$$

I 4Ω من تطبيق مقسم التيار :

$$I\ 4\Omega = It * 2 / (2 + (3+4))$$

$$It =$$

$$Rt =$$

$$It =$$

$$I\ 4\Omega =$$

$$V\ 4\Omega = Vth =$$

Example 2

Sol.

حساب Rth بين طرفي RL

Rth =

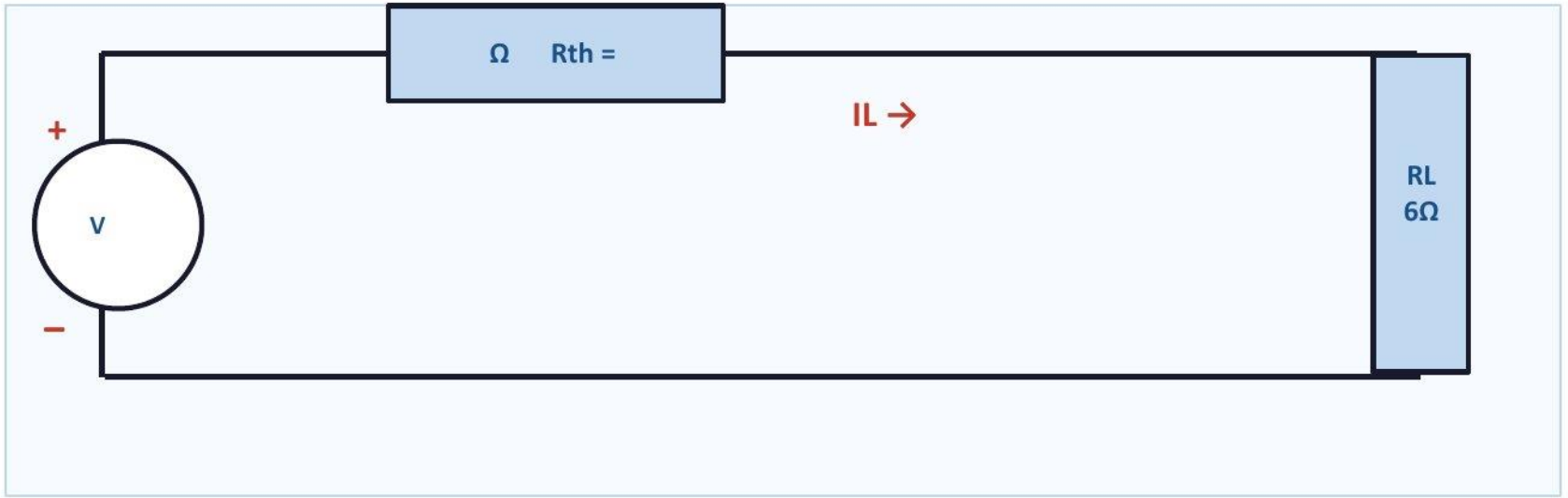
=

=

=

Rth = Ω

Example 2 – تيار الحمل IL



الحل:

IL = Vth / (Rth + RL)

+ 6) / (IL =

/ IL =

A IL =

ملاحظات مهمة

أهم خطوة هي حساب Vthبدقة

الخطأ في Vthيؤثر على النتيجة النهائية كاملاً

يمكن استخدام KCLأو KVL او مقسم التيار أو مقسم الفولتية

اختر الطريقة التي تعطي أقل عدد من المعادلات

إطفاء المصادر بشكل صحيح

Voltage Source → Short | Current Source → Open

ملخص Summary

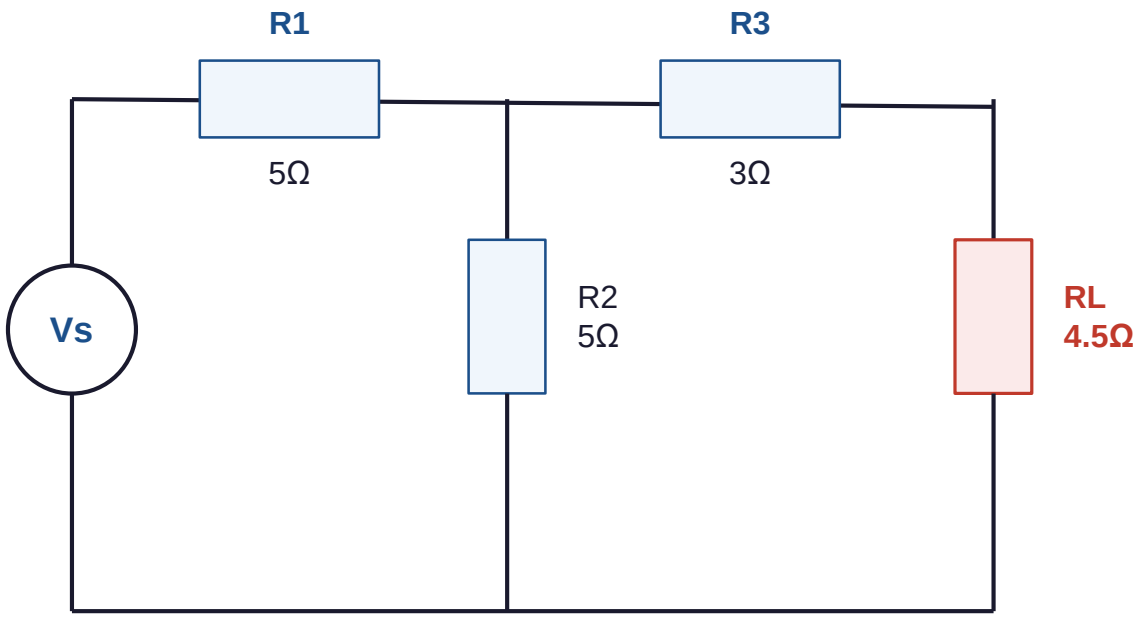
ثفنن يبسّط الدائرة	Vth
أي دائرة معقدة Vth =على التوالي مع Rth	جهد الدائرة المفتوحة عند طرفي الحمل

Rth	IL
المقاومة المكافئة بعد رفع مقاومة الحمل وحسابها من مكان الرفع	load current= Vth ÷ (Rth + RL)

$$IL = Vth / (Rth + RL)$$

Homework – واجب

للدائرة المُعطاة، استخدم نظرية ثفنن لإيجاد تيار الحمل IL.



المعطيات
Vs = 20 V
R1 = 5 Ω
R2 = 5 Ω
R3 = 3 Ω
RL = 4.5 Ω

لاحظ أن مقاومة الحمل (RL)هي المقاومة المطلوب رفعها لحساب Rth، ثم إيجاد Vthو IL.

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :بKVL)

السؤال الثاني) :ب (مصادر تيار كثيرة

مرجعية حل واجب نظرية ثفنن)الشريحة الجديدة المُنشأة أعلاه(

خطوات تطبيق نظرية ثفنن الستة)تحديد RL، إزالتها، حساب VthوRth، ثم IL)

التطبيق العملي الكامل بنفس المنهجية Example 1 —و) Example 2دائرة مشابهة بمقاومات على التوالي والتوازي(

الحل الكامل لواجب ثفنن)لمرجعيتك كمُدرِّسة:(

Vth = 10 V | Rth = 5.5 Ω | IL = Vth ÷ (Rth + RL) = 10 ÷ (5.5 + 4.5) = 1 A

Rth = R3 + (R1 ∥ R2)، وR2عبر Bجهد العقدة = Vth :RLبعد رفع)

Norton's Theorem

الدوائر المكافئة بمصدر تيار
تبسيط الدوائر الكهربائية الخطية

م.م. سرى سلام محمد كمال الدين
المعهد التقني-نجف
قسم تقنيات الاتصالات والامن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :نظرية ثفنن

1 **نظرية ثفنن تنص على أن أي دائرة خطية يمكن استبدالها بـ:**

ج) مصدر تيار مكافئ فقط

ب) Vthعلى التوالي مع Rth

أ) مقاومة واحدة فقط

2 **عند حساب Rth، يتم إطفاء مصادر الجهد المستقلة عن طريق:**

ج) عكس قطبيتها

ب) قصرها (Short)

أ) فتحها (Open)

اهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادرا على:

1. **تمييز نظرية نورتن (Norton's Theorem)** عن نظرية ثفنن
2. **ايجاد تيار نورتن IN** تيار الدائرة القصيرة بين طرفي الحمل
3. **حساب مقاومة نورتن RN** وهي نفسها مقاومة ثفنن بعد اطفاء المصادر
4. **رسم الدائرة المكافئة لنورتن** مصدر تيار IN على التوازي مع RN
5. **حساب تيار الحمل IL** باستخدام مقسم التيار IL = IN * RN / (RN + RL)
6. **الربط بين نظريتي ثفنن ونورتن** Vth = IN * RN و RN = Rth

تعريف نظرية نورتن Norton's Theorem

اي دائرة خطية ذات قطبين يمكن استبدالها بمصدر تيار مكافئ IN على التوازي مع مقاومة مكافئة RN، وتسمى هذه الدائرة المبسطة بالدائرة المكافئة لنورتن.

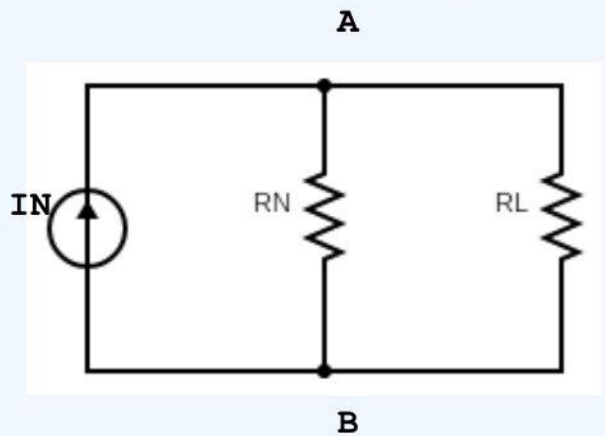
الدائرة الاصلية

دائرة
خطية
معقدة

A B

=

الدائرة المكافئة (Norton)



$$IL = IN \times RN / (RN + RL)$$

مكونات الدائرة المكافئة لنورتن

تيار نورتن IN

هو التيار الذي يجري بين طرفي الحمل عند قصر الحمل (Short Circuit) يُحسب بتطبيق KCL او KVL على الدائرة بعد وضع سلك بدل RL.

مقاومة نورتن RN

هي المقاومة المكافئة بين طرفي الحمل بعد اطفاء جميع المصادر المستقلة ، (Vs → Short, Is → Open) وهي نفسها Rth في نظرية ثفنن.

تيار الحمل IL

يُحسب بقانون مقسم التيار: $IL = IN \times RN / (RN + RL)$

خطوات تطبيق نظرية نورتن

1. **تحديد مقاومة الحمل RL:** حدد الطرفين A و B وهما طرفا مقاومة الحمل المراد دراستها
2. **ازالة RL وقصر الطرفين (Short):** ضع سلكا بدل RL بين A و B لحساب تيار القصر
3. **حساب IN:** طبق KCL او KVL على الدائرة بعد القصر لايجاد تيار السلك IN
4. **اطفاء المصادر:** (Vs → Short, Is → Open)
5. **حساب RN:** احسب المقاومة المكافئة بين A و B بعد اطفاء المصادر (RN = Rth)
6. **رسم الدائرة المكافئة وحساب IL :** بقانون مقسم التيار $IL = IN \times RN / (RN + RL)$

العلاقة بين نورتن وثفنن

نظرية نورتن ونظرية ثفنن وجهان لعملة واحدة —يمكن التحويل بينهما مباشرة:

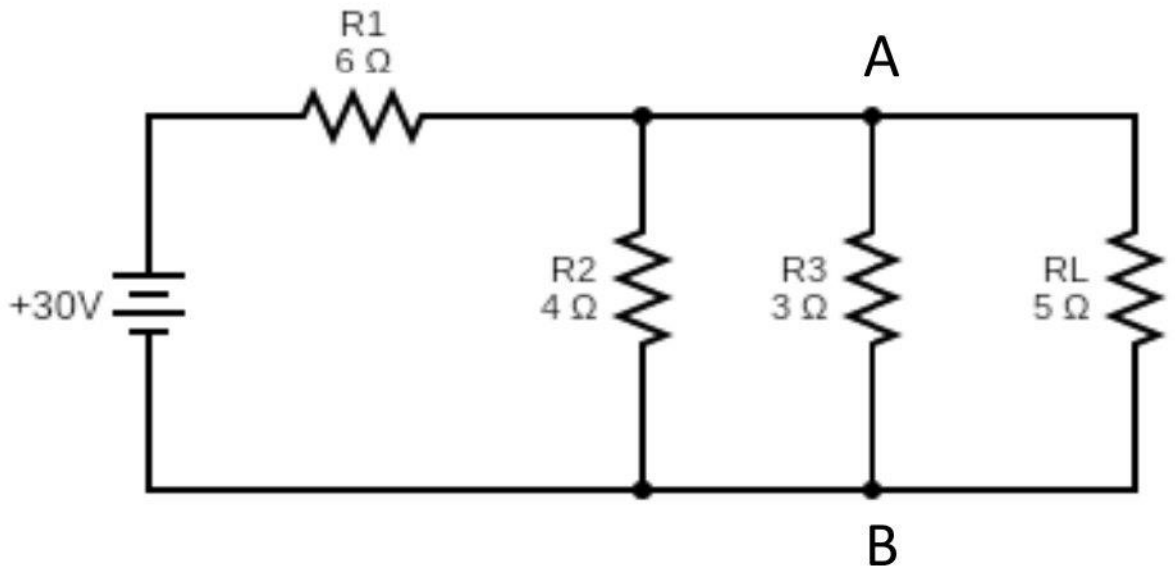
نورتن	ثفنن	العنصر
IN تيار short	Vth جهد دائرة open	مصدر الجهد /التيار
RN = Rth	Rth	المقاومة المكافئة
على التوازي مع RN	على التوالي مع Rth	توصيل المصدر
IL = IN × RN / (RN + RL)	IL = Vth / (Rth + RL)	تيار الحمل
IN = Vth / Rth	Vth = IN × RN	العلاقة بينهما

Example 1

For the circuit shown, use Norton's Theorem to find IL through RL.

المعطيات

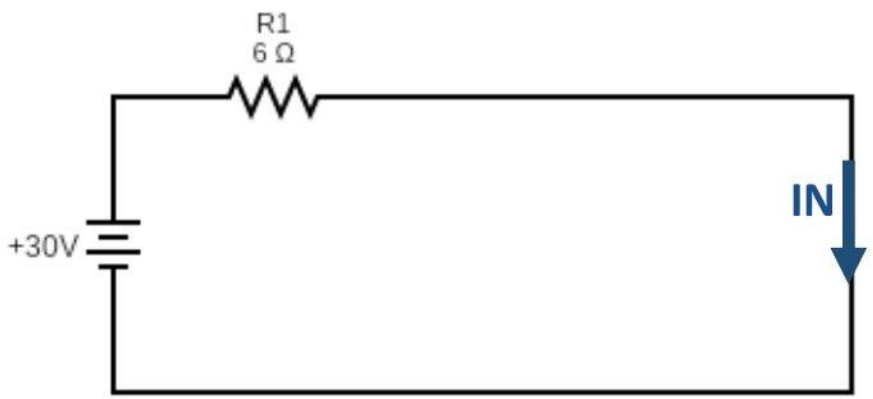
Vs = 30 V
R1 = 6 Ω
R2 = 4 Ω
R3 = 3 Ω
RL = 5 Ω



الخطوة الاولى :نزيل RL ونضع سلكا قصيرا بين A و B لحساب IN

Example 1 حساب تيار نورتن IN

بعد قصر طرفي RL وتطبيق KVL على الحلقة:



عند قصر A-B: R3 تُقصر بالسلك، فيصبح R2 معزولا عن الدائرة الرئيسية
التيار الكلي من Vs:
It = Vs / R1 = 30 / 6 = 5 A
هذا التيار يمر عبر R1 ثم ينقسم بين R2 والسلك القصر short
لان السلك مقاومته =صفر، كل التيار يسلك طريق القصر
IN = It = 5 A

IN = 5 A

ملاحظة :عند وجود مقاومة موازية للقصر يُهمل اثرها لان V = 0 عبرها.

Example 1 حساب مقاومة نورتن RN

اطفاء المصادر (Vs → Short, Is → Open) :

بعد قصر Vs، تصبح R1 متوازية مع التسلسل :(R2 + R3)

نظرة من طرفي :A-B
على التوالي R2 + R3 = 4 + 3 = 7 Ω
RN = R1 ‖ (R2 + R3) = 6 ‖ 7 = (6 × 7) / (6 + 7) = 42 / 13 = 3.23 Ω

RN = 3.23 Ω

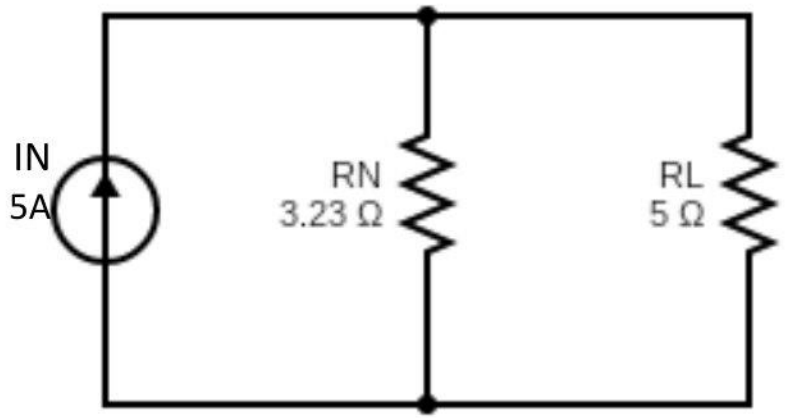
الخطوة الاخيرة :رسم الدائرة المكافئة وحساب IL بمقسم التيار:

IL = IN × RN / (RN + RL) = 5 × 3.23 / (3.23 + 5) = 16.15 / 8.23

م .م .سرى سلام كمال الدين

Example 1 تيار الحمل IL والدائرة المكافئة

الدائرة المكافئة لنورتن:



الحساب:

$$IL = IN \times RN / (RN + RL)$$
$$IL = 5 \times 3.23 / (3.23 + 5)$$
$$IL = 16.15 / 8.23$$
$$IL \approx 1.96\ A$$

IL = 1.96 A

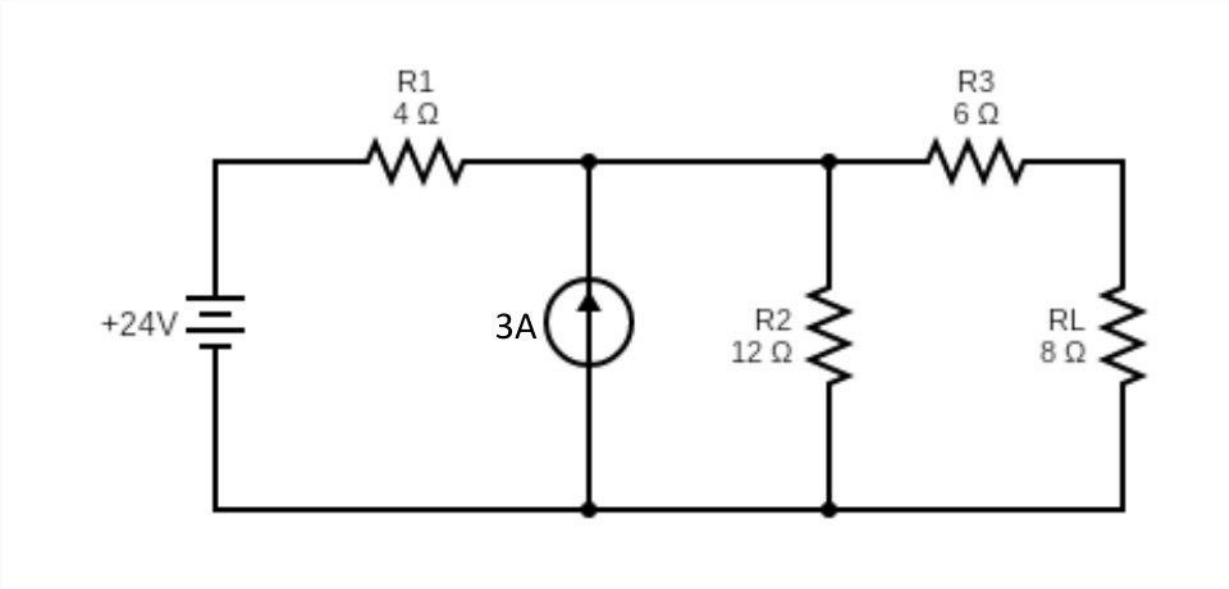
م .م .سرى سلام كمال الدين

Example 2

For the circuit shown, use Norton's Theorem to find IL through RL = 8 Ω.

المعطيات

Vs = 24 V
Is = 3 A
R1 = 4 Ω
R2 = 12 Ω
R3 = 6 Ω
RL = 8 Ω



Example 2 حساب IN

قصر طرفي A-B وتطبيق KCL عند العقدة الرئيسية:

بعد قصر A-B:
التيار الكلي من Vs عبر R1:
$I_Vs = Vs / R1 = 24 / 4 = 6\ A$

مصدر التيار $Is = 3\ A$ داخل العقدة

بتطبيق KCL عند العقدة فوق A-B:
$I_Vs + Is = IN + I_R2$

$IN = I_Vs + Is = 6 + 3 = 9\ A$

IN = 9 A

م .م .سرى سلام كمال الدين

Example 2 حساب RN و IL

اطفاء المصادر: Vs → Short ، Is → Open

بعد اطفاء المصادر والنظر من طرفي :A-B
R1 و R2 اصبحتا على التوازي بعد قصر Vs ثم على التوالي مع R3

$$R1 \parallel R2 = (4 \times 12) / (4 + 12) = 48 / 16 = 3\ \Omega$$
$$RN = (R1 \parallel R2) + R3 = 3 + 6 = 9\ \Omega$$

RN = 9 Ω

حساب IL بمقسم التيار:

$$IL = IN \times RN / (RN + RL)$$
$$IL = 9 \times 9 / (9 + 8)$$
$$IL = 81 / 17$$
$$IL = 4.76\ A$$

م .م .سرى سلام كمال الدين

Example 2 النتيجة النهائية والتحقق

IN = 9 A	RN = 9 Ω	IL = 4.76 A

التحقق بنظرية ثفنن:

Vth = IN × RN = 9 × 9 = 81 V

IL (ثفنن✓) = Vth / (Rth + RL) = 81 / (9 + 8) = 81 / 17 = 4.76 A

النتيجة متطابقة ← التحقق ناجح

جدول ملخص للمثالين:

المثال	IN	RN	IL
Example 1	5 A	3.23 Ω	1.96 A
Example 2	9 A	9 Ω	4.76 A

ملاحظات مهمة

1. **RL تُقصر لحساب IN:** عند حساب IN يجب وضع سلك قصير (Short) بين طرفي الحمل وقياس التيار فيه

2. **RN = Rth دائما:** مقاومة نورتن تساوي تماما مقاومة ثفنن للدائرة نفسها —لا فرق في الحساب

3. **اطفاء المصادر بشكل صحيح:** Current Source → Open Circuit | Voltage Source → Short Circuit

4. **مقسم التيار لحساب تيار الحمل** $IL = IN \times RN / (RN + RL)$ وليس — $IN \times RL / (RN + RL)$ انتبه للبسط

5. **التحقق عبر ثفنن:** يمكن دائما التحقق من النتيجة بالتحويل: $Vth = IN \times RN$ ثم $IL = Vth / (Rth + RL)$

Summary ملخص

IN تيار الدائرة القصيرة بين طرفي الحمل (Short Circuit Current)

RN المقاومة المكافئة بعد اطفاء المصادر Rth

IL $IL = IN \times RN / (RN + RL)$ بقانون مقسم التيار

ربط $Vth = IN \times RN$ و $IN = Vth / Rth$ و $RN = Rth$

$$IL = IN \times RN / (RN + RL)$$

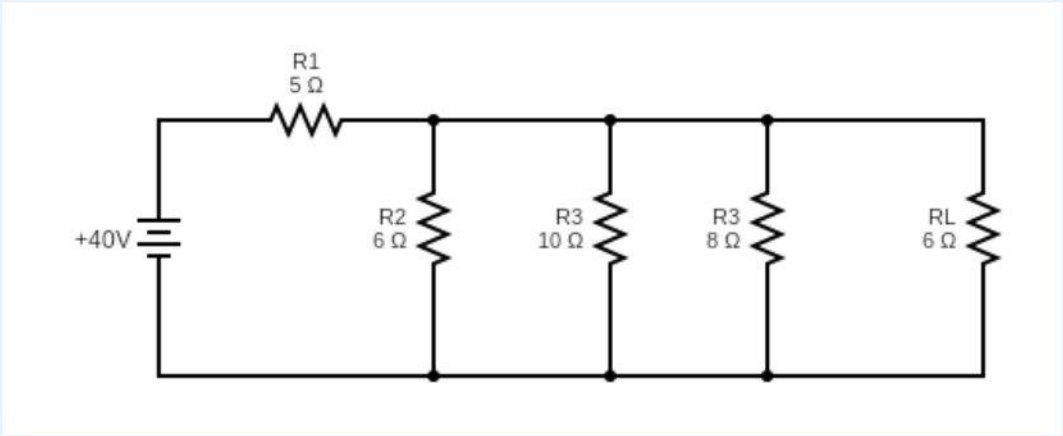
م .م .سرى سلام كمال الدين

الواجب المنزلي Homework

1

الواجب الاول:

استخدم نظرية نورتن لايجاد IN و RN ثم احسب IL و VRL



2

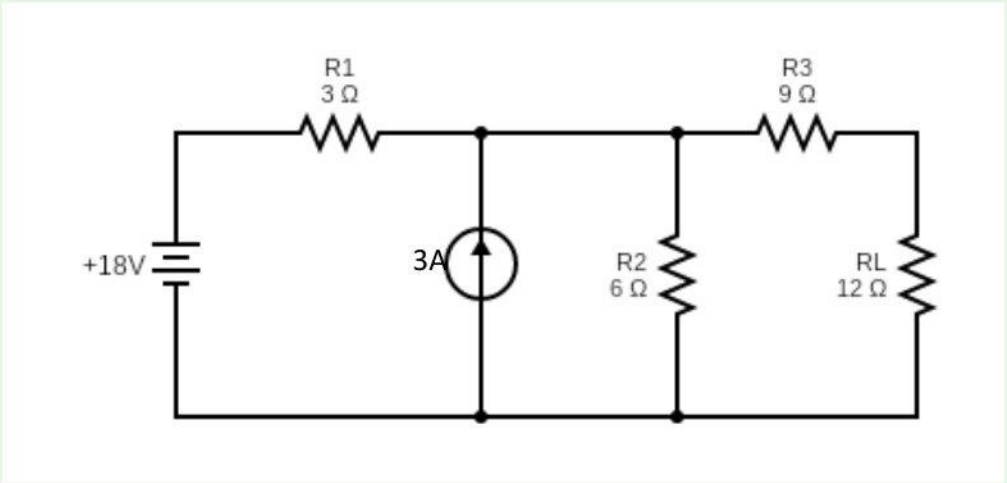
الواجب الثاني:

المطلوب:

أ/ ايجاد IN و RN بنظرية نورتن

ب/ حساب IL

ج /التحقق من النتيجة بتحويل الدائرة المكافئة لثفنن.



م .م .سرى سلام كمال الدين

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ب Vth (مع Rthعلى التوالي

السؤال الثاني) :ب (قصرها (Short

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1	خطوات نظرية نورتن)الشريحة + (5التطبيق الكامل على دائرة مطابقة Example 1 —
Q2 (أ،ب)	خطوات النظرية +التطبيق الكامل على دائرة مطابقة تماماً)مصدر جهد وتيار معاً Example 2 —)
Q2 (ج)	جدول العلاقة بين نورتن وثفنن +ملاحظة التحقق عبر التحويل إلى ثفنن

المحاضرة 17th & 18th

مبدأ التراكب

Superposition Theorem

تحليل الدوائر الخطية بتفكيك المصادر
كل مصدر يعمل بمفرده — النتيجة هي المجموع الجبري

م. م. سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني- نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :نظرية نورتن

1 **نظرية نورتن تنص على استبدال الدائرة الخطية بـ:**

ج مقاومة واحدة فقط

ب INعلى التوازي مع RN

أ Vthعلى التوالي مع Rth

2 **تيار نورتن INيُحسب بعد:**

ج إزالة كل المصادر

ب قصر طرفي الحمل (Short)

أ فتح طرفي الحمل (Open)

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. **فهم مبدأ التراكب (Superposition Theorem)** وشروط تطبيقه على الدوائر الخطية.
2. **إطفاء المصادر المستقلة** بشكل صحيح: Vs→ Short ،Is→ Open.
3. **حساب مساهمة كل مصدر** منفرداً في التيار أو الجهد المطلوب.
4. **جمع المساهمات جبرياً** مع مراعاة إشارة التيار (الاتجاه).
5. **تطبيق النظرية على دوائر تحتوي مصادر جهد وتيار** في آنٍ واحد.

تعريف مبدأ التراكب – Superposition Theorem

في أي دائرة كهربائية خطية تحتوي على أكثر من مصدر مستقل، يمكن إيجاد التيار أو الجهد في أي عنصر بـمجموع المساهمات الناتجة عن كل مصدر وهو يعمل بمفرده بينما تُطفأ المصادر الأخرى.

قاعدة إطفاء مصدر الجهد Vs: يُستبدل بسلك قصير (Short Circuit) — المقاومة الداخلية = 0

قاعدة إطفاء مصدر التيار Is: يُفتح الدائرة عنده (Open Circuit) — يقطع الفرع تماماً

شرط تطبيق النظرية: يجب أن تكون الدائرة خطية — أي تحتوي مقاومات ومصادر مستقلة فقط

تجميع النتائج: I_total = I' + I'' + ... (مع مراعاة اتجاه التيار في كل مرحلة)

خطوات تطبيق مبدأ التراكب

عدد المصادر المستقلة

1 **تحديد مصادر الدائرة**

حدد 1Vs ,2sV ,1sI, ...

Short / Open

2 **إطفاء جميع المصادر ما عدا واحداً**

Short →Vs، Open→Is

KCL / KVL / Ohm

3 **تحليل الدائرة الجزئية**

احسب I' أو V' بسبب هذا المصدر

تكرار للمصادر الباقية

4 **تكرار لكل مصدر**

احصل على I ,I'',I'''...

Σ مع مراعاة الاتجاه

5 **الجمع الجبري**

I_total = I' + I'' + ...

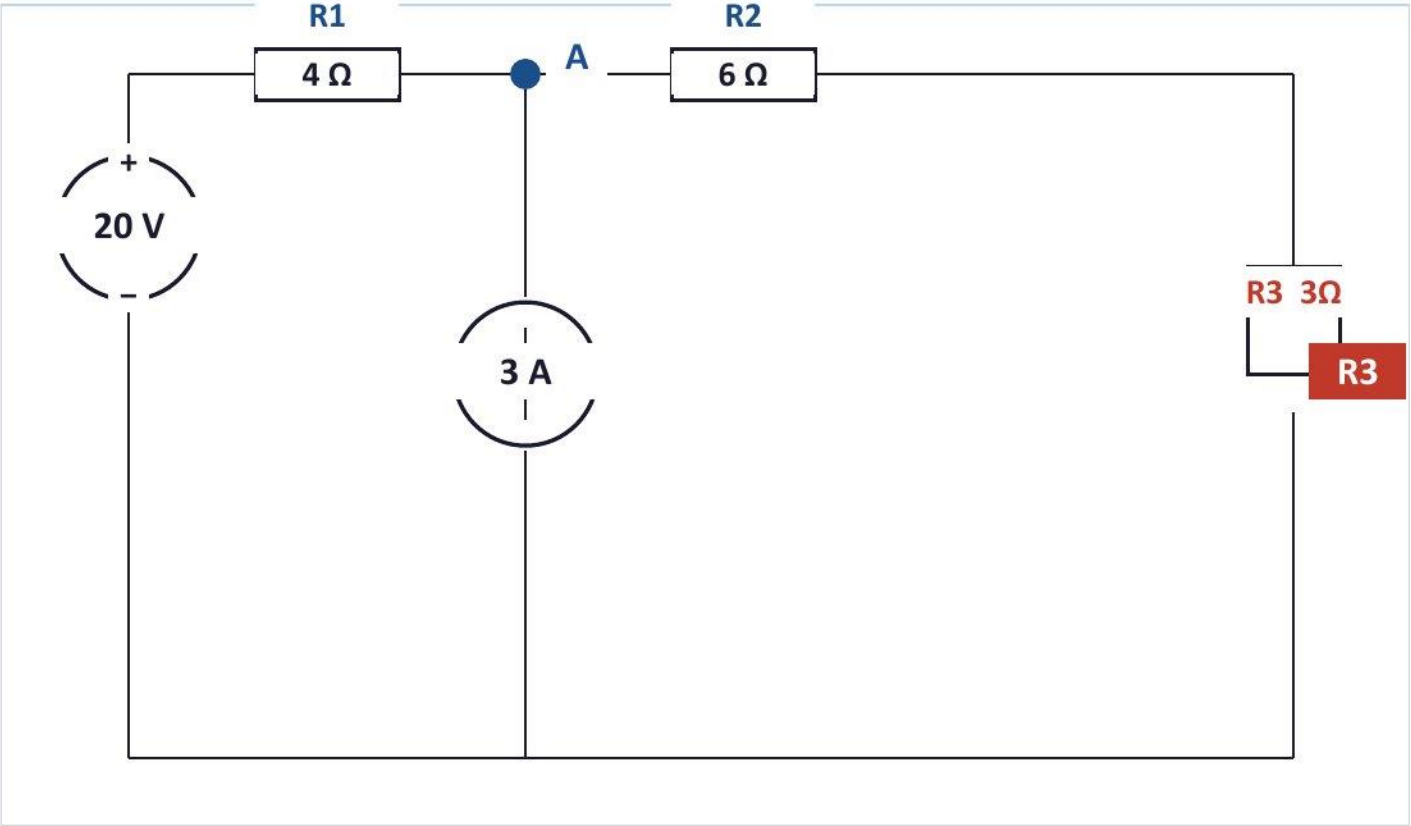
مقارنة مع الطريقة المباشرة

6 **التحقق**

التأكد من صحة الإجابة

Example 1

.For the circuit shown, use Superposition Theorem to find I through R3

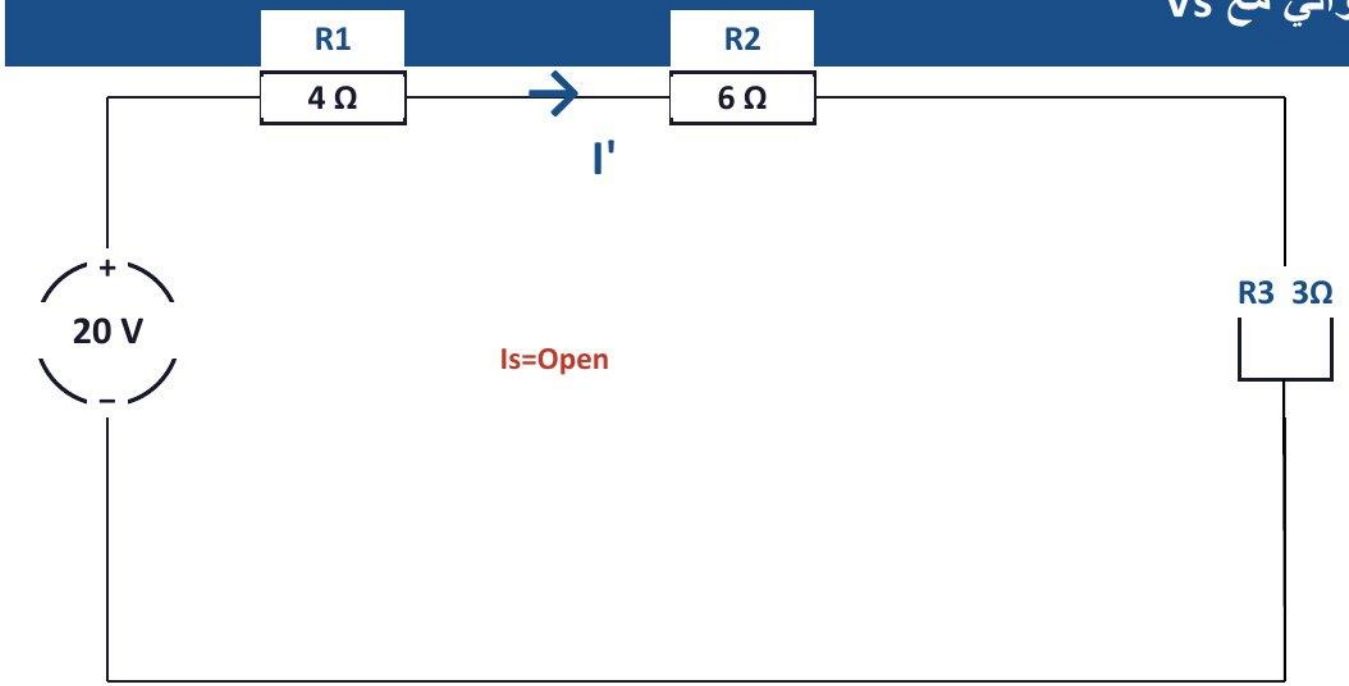


المعطيات
Vs = 20 V
Is = 3 A
R1 = 4 Ω
R2 = 6 Ω
R3 = 3 Ω

Example 1– Sol. (المصدر الأول: V20Vs= فقط، Is→Open)

Sol.

عند إطفاء Is (فتح الدائرة): تصبح 1R و2R و3R على التوالي مع Vs



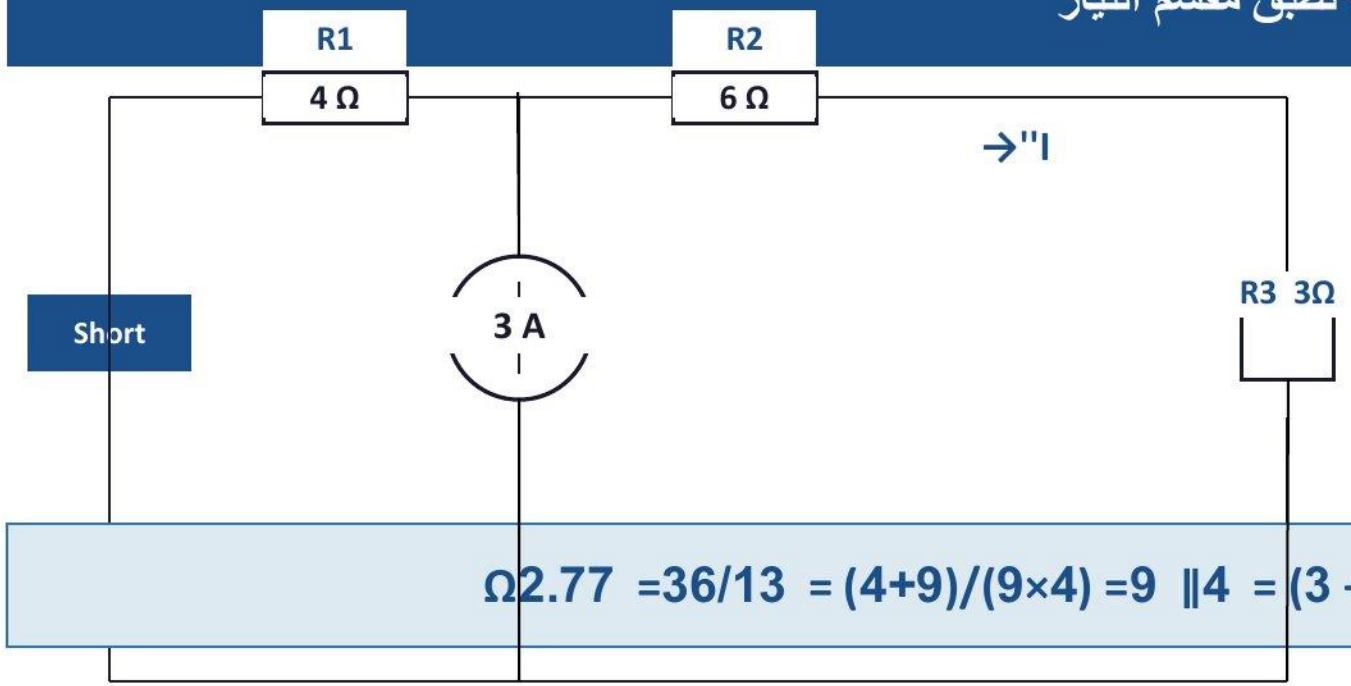
$$R_{total} = R1 + R2 + R3 = 4 + 6 + 3 = 13\ \Omega$$

$$I' = Vs / R_{total} = 20 / 13 = 1.538\ A$$

Example 1– Sol. (المصدر الثاني: Is= A3 فقط، Vs←Short)

Sol.

عند إطفاء Vs (سلك قصير): R1 ‖ (R2 +2R) تتوازى — نطبق مقسم التيار



$$R_{eq} = (3R + 2R) \parallel 1R = (3+6) \parallel 4 = 9 \parallel 4 = (9\times4)/(9+4) = 36/13 = 2.77\ \Omega$$

I_{3R} عبر مقسم التيار:

$$I'' = I_s \times R1 / (R1 + R2 + R3) = 3 \times 4 / (4 + 6 + 3) = 12/13 = 0.923\ A$$

Example1 – النتيجة النهائية

Sol.

بمبدأ التراكب: إيجاد المساهمة من كل مصدر ثم الجمع الجبري:

I'' (بسبب A3Is= فقط) = 0.923 A

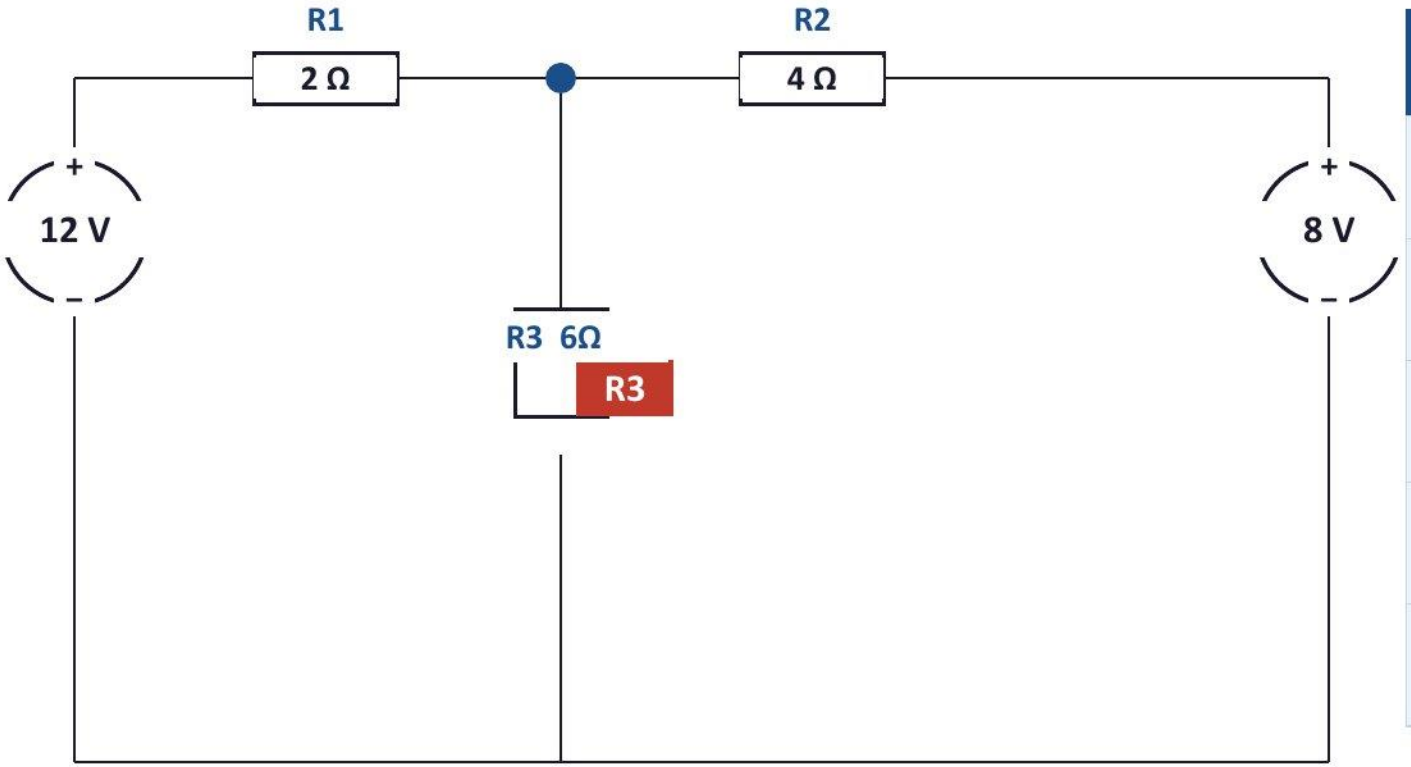
I' (بسبب V20Vs= فقط) = 1.538 A

كلا التيارين في نفس الاتجاه: I_total = I' + I''

I_R3 = 1.538 + 0.923 = 2.46 A

Example 2

.For the circuit shown, use Superposition Theorem to find I through R3

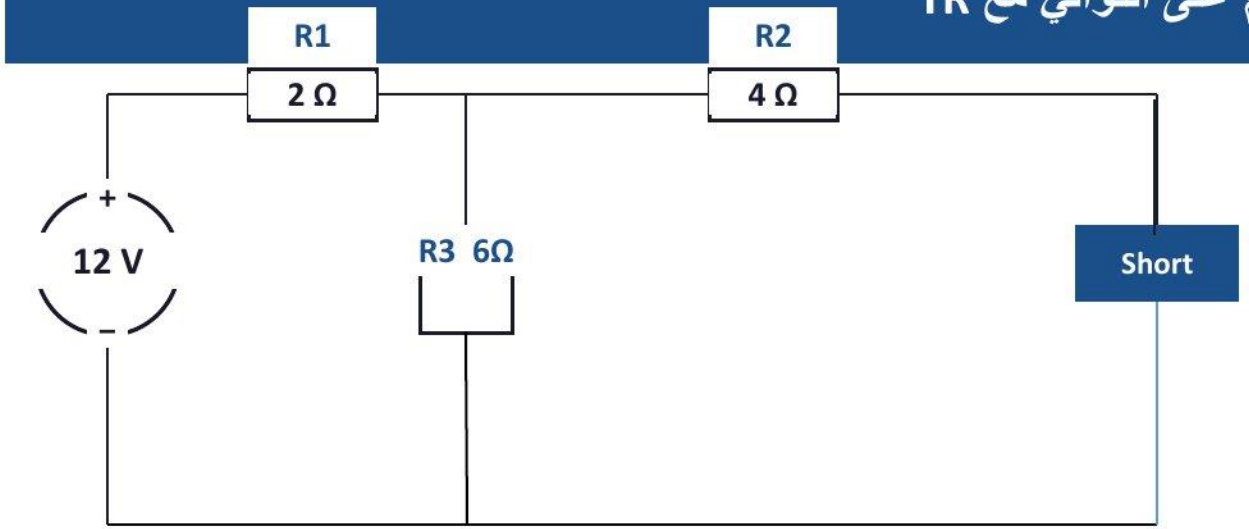


المعطيات
Vs1 = 12 V
Vs2 = 8 V
R1 = 2 Ω
R2 = 4 Ω
R3 = 6 Ω

Example 2– Sol. (المصدر الأول: V12=1Vs فقط، 2Vs←Short)

Sol.

عند إطفاء 2Vs (سلك قصير): 2R و3R تصبحان على التوازي ثم على التوالي مع 1R



$$R = 1R + (2R \parallel 3R) = 1 + \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 1 + 2.4 = 4.4\ \Omega$$

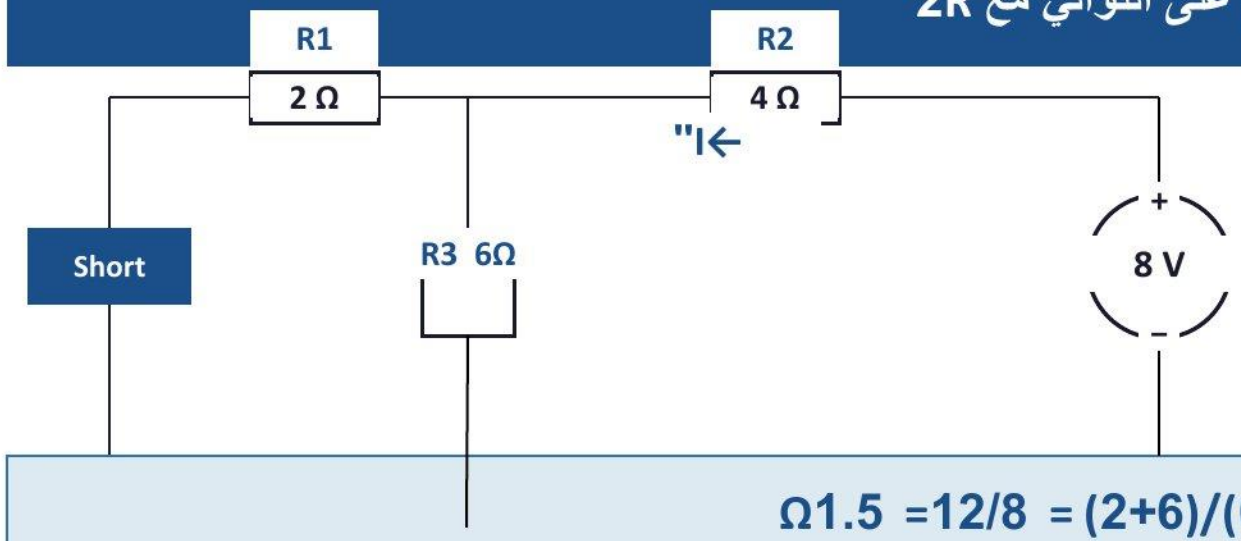
$$I_{total}' = \frac{Vs1}{R_{total}} = \frac{12}{4.4} = 2.727\ A$$

$$I_R' = I_{total} \times \frac{2R}{2R + 3R} = 2.727 \times \frac{2}{5} = 1.09\ A \downarrow$$

Example 2– Sol. (المصدر الثاني: V8=2Vs فقط، Short→1Vs)

Sol.

عند إطفاء 1Vs (سلك قصير): 1R و3R تصبحان على التوازي ثم على التوالي مع 2R



$$R = 3R \parallel 1R = (2+6)/(6\times2) = 12/8 = 1.5\ \Omega$$

$$R_{total} = R = (3R\parallel1R) + 2 = 1.5 + 4 = 5.5\ \Omega$$

$$I_{total}'' = Vs2 / R_{total} = 8 / 5.5 = 1.455\ A$$

$$I''_R = I_{total} \times (1R/(3R+1R)) = 1.455 \times 1/4 = 0.364\ A \uparrow$$

2Example – النتيجة النهائية والتحقق

Sol.

↓ A1.09 V) = 12=1sV)3 I'_R

↑ A0.364 V) = 8=2sV)3 I''_R

ملاحظة الاتجاه: 3I'_R يتجه ↓ بينما 3I''_R يتجه ↑ — النتيجة النهائية = الفرق (إذ الاتجاهان معاكسان)

(↓ الاتجاه السائد) A0.726 =0.364 −1.09 =3 I''_R −3 R_'I =3 I_R

I_R3 = 0.726 A

التحقق: I_R = V_A ×3 R =3 ×0.726 =6 4.36 →V (:KCL36.4−12)/ 2− (8−4.36)/ 4− 0.726≈0 ✓

ملاحظات مهمة

النظرية تنطبق فقط على الدوائر الخطية: المقاومات ومصادر مستقلة — لا تنطبق على الدوائر غير الخطية (ديود، ترانزستور).

اتجاه التيار يحكم الإشارة: إذا عكس التيار اتجاهه من مصدر لآخر، يُطرح — وإذا تطابق الاتجاه يُجمع.

إطفاء المصادر الصحيح: Voltage Source: استبدله بسلك (Short). Current Source: افصل الفرع (Open).

عدد التحليلات = عدد المصادر المستقلة: دائرة بثلاثة مصادر ← ثلاث تحليلات جزئية ثم الجمع.

النظرية لا تسري على القدرة (P): غير خطية — لا تجمع القدرات الجزئية للحصول على القدرة الكلية.

$$R^2P = I$$

Summary – ملخص

إطفاء المصادر (Short / Open)

Vs → سلك قصير Is → فصل الفرع

مبدأ التراكب (تحليل بالتفكيك)

كل مصدر يعمل وحده — المصادر الأخرى مطفأة

تحذير القدرة P لا تساوي R^2I

النظرية لا تنطبق على القدرة لأنها علاقة غير خطية.

التجميع (Σ جبري)

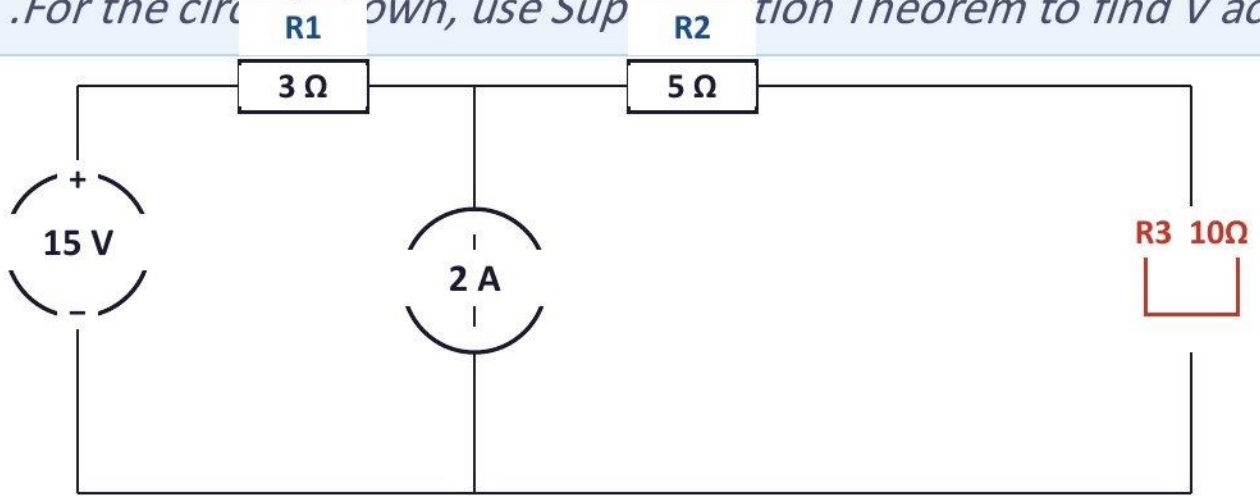
$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots$ (مع مراعاة الاتجاه)

I_total = I' (مصدر 1) + I'' (مصدر 2) + ...

الواجب المنزلي – Homework

الواجب الأول

.For the circuit shown, use Superposition Theorem to find V across R3



المعطيات
Vs = 15 V
Is = 2 A
R1 = 3 Ω
R2 = 5 Ω
R3 = 10 Ω

الواجب الثاني

دائرة تحتوي على: 1Vs=24 V، 2Vs=12 V، 1R=4Ω ، 2R=8Ω ، 3R=6Ω.Vs 1 على التوالي مع 1R. 2sV على التوالي مع 2R. 3R يربط العقدتين.
جد I خلال 3R بمبدأ التراكب.

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ب IN (على التوازي مع RN

السؤال الثاني) :ب (قصر طرفي الحمل

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1 خطوات مبدأ التراكب)الشريحة + (4دائرة مطابقة Vs)و Isمعاً1 Example —)

Q2 خطوات مبدأ التراكب +دائرة مطابقة تماماً)مصدرا جهد Vs1وVs2 Example 2 — (Vs2)

Q1 & Q2 ملاحظة مهمة :قاعدة تحديد إشارة التيار حسب الاتجاه عند تجميع المساهمات

المحاضرة 19 و 20

القدرة والطاقة الكهربائية

Electric Power and Energy

م .م .سرى سلام كمال الدين
المعهد التقني -نجف
قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :مبدأ التراكب (Superposition Theorem)

1 **عند تطبيق مبدأ التراكب، يتم إطفاء مصدر الجهد المستقل عن طريق:**

ج) عكس قطبيته

ب) قصره (Short)

أ) فتحه (Open)

2 **مبدأ التراكب لا يمكن تطبيقه مباشرة لحساب:**

ج) القدرة

ب) الجهد

أ) التيار

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. فهم مفهوم القدرة الكهربائية (P)والطاقة الكهربائية (W)وعلاقتهما بالجهد والتيار.
2. تمييز بين القدرة الممتصة (Absorbed)والقدرة المجهزة (Supplied)في العناصر الكهربائية.
3. تطبيق اتفاقية الإشارة السلبية Passive Sign Conventionبشكل صحيح.
4. حساب القدرة الممتصة في المقاومات باستخدام القوانين.$P = VI = I^2R = V^2/R$:
5. التحقق من حفظ القدرة في الدائرة الكهربائية)مجموع القدرات المجهزة =مجموع القدرات الممتصة.(

تعريف القدرة والطاقة الكهربائية Power & Energy –

القدرة الكهربائية :(P)هي معدل تحويل الطاقة الكهربائية في عنصر ما، وتُعرف بالواط .(Watt)

$P = V \times I$]الواط [W =

الطاقة الكهربائية :(W)هي القدرة مضروبة في الزمن، وتُقاس بالواط- ثانية أو الجول .(Joule)

$W = P \times t = V \times I \times t$]الجول [J =

الوحدة التجارية :الكيلو-واط-ساعة $(kWh) = 3.6 \times 10^6\ J$

العلاقة الأساسية :القدرة =الجهد ×التيار

$P = VI$

في المقاومات)العناصر الخطية :(يمكن استبدال Vبـ IRحسب قانون أوم:

$P = I^2R = V^2/R$

ملاحظة :القدرة دالة غير خطية في التيار والجهد ←لا يمكن تطبيق مبدأ التراكب عليها مباشرة.

اتفاقية الإشارة السلبية Passive Sign Convention –

اتفاقية الإشارة السلبية هي قاعدة أساسية لتحديد إذا كان العنصر يمتص قدرة أو يجهزها:

القاعدة :إذا دخل التيار من الطرف الموجب (+)للجهد ← العنصر يمتص قدرة ($P > 0$)

إذا دخل التيار من الطرف السالب (-)للجهد ← العنصر يجهز قدرة ($P < 0$)

بشكل رياضي $P = V \times I$:

- إذا كان V و I بنفس الاتجاه)دخل من ← $P = +VI$ ← (+امتصاص (Absorbing)
- إذا كان V و I باتجاهين متعاكسين ← $P = -VI$ ← تجهيز (Supplying)

العناصر الممتصة للقدرة :المقاومات ← (R)دائماً $P > 0$

العناصر المجهزة للقدرة :المصادر المستقلة ← (Vs, Is)عادةً $P < 0$

العناصر التي قد تمتص أو تجهز :المصادر التابعة ← (Dependent Sources)تعتمد على القيمة

حفظ القدرة :مجموع القدرات الممتصة =مجموع القدرات المجهزة $\Sigma P_absorbed = \Sigma P_supplied$ ←

حساب القدرة في المقاومات – Power in Resistors

المقاومة هي عنصر خطي يحول الطاقة الكهربائية إلى حرارة)طاقة حرارية.(

دائماً ما تكون القدرة الممتصة في المقاومة موجبة$P > 0$:

القوانين الثلاثة لحساب القدرة في المقاومة:

1 باستخدام الجهد والتيار: $P = V \times I$

2 باستخدام التيار والمقاومة: $P = I^2 \times R$

3 باستخدام الجهد والمقاومة: $P = V^2 / R$

مثال :إذا كان $V = 12V$ و $I = 2A$ عبر مقاومة :$R = 6\Omega$

$$P = V \times I = 12 \times 2 = 24\ W$$

$$P = I^2 \times R = (2)^2 \times 6 = 4 \times 6 = 24\ W$$

$$P = V^2 / R = (12)^2 / 6 = 144 / 6 = 24\ W$$

جميع الطرق تعطي نفس النتيجة 24 :واط)ممتصة كحرارة(

حفظ القدرة في الدائرة الكهربائية – Conservation of Power

قانون حفظ القدرة :مجموع القدرات في أي دائرة كهربائية مغلقة يساوي صفراً.

$$\Sigma P = 0$$

بمعنى آخر :مجموع القدرات المجهزة =مجموع القدرات الممتصة

$$\Sigma P_{supplied} = \Sigma P_{absorbed}$$

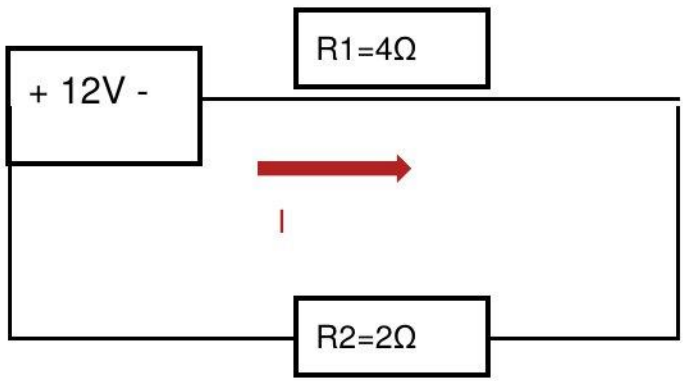
التحقق من حفظ القدرة:

1. احسب التيارات في جميع الفروع)باستخدام KCL/KVLأو التحليل العقدي/الشبكي.(
2. احسب الجهد على كل عنصر.
3. احسب القدرة لكل عنصر) $P = V \times I$:مع مراعاة اتفاقية الإشارة.(
4. اجمع القدرات :إذا كانت $\Sigma P = 0 \rightarrow$ الدائرة صحيحة.

ملاحظة مهمة :القدرة دالة غير خطية ($P = I^2R$)، لذلك لا يمكن تطبيق مبدأ التراكب عليها مباشرة.

يجب أولاً حساب التيار الكلي I_{total} ثم تطبيق $P = I_{total}^2 \times R$.

Example 1 – حساب القدرة في كل عنصر والتحقق من حفظ القدرة



المعطيات:

Vs = 12 V

R1 = 4 Ω

R2 = 2 Ω

المطلوب:

1. حساب التيار I
2. حساب القدرة في كل عنصر
3. التحقق من حفظ القدرة

Example 1 – Sol. (الحل)

الخطوة 1: حساب التيار الكلي (I)

$$R_{total} = R1 + R2 = 4 + 2 = 6\ \Omega$$

$$I = Vs / R_{total} = 12 / 6 = 2\ A$$

الخطوة 2: حساب القدرة في كل عنصر

المصدر (Vs = 12V):

الجهد Vs = 12V، التيار يخرج من الطرف الموجب ← المصدر يجهز قدرة

$P_{Vs} = -Vs \times I = -12 \times 2 = -24\ W$ (تجهيز)

المقاومة R1 = 4Ω:

$V_{R1} = I \times R1 = 2 \times 4 = 8\ V$

$P_{R1} = I^2 \times R1 = (2)^2 \times 4 = 4 \times 4 = 16\ W$ (امتصاص)

المقاومة R2 = 2Ω:

$V_{R2} = I \times R2 = 2 \times 2 = 4\ V$

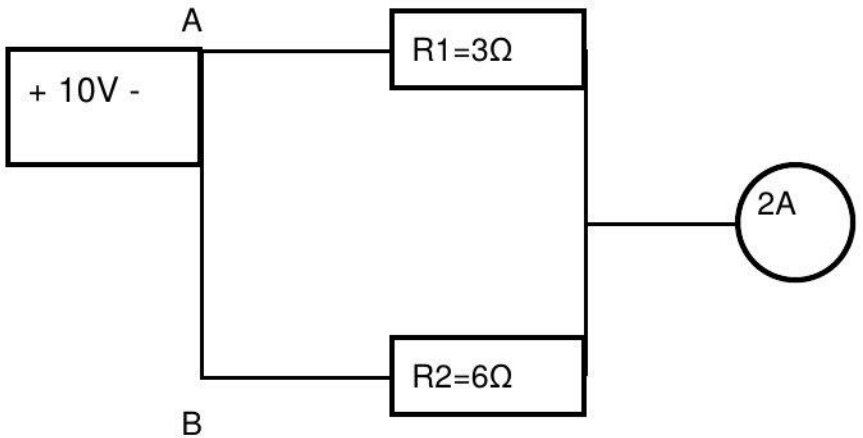
$P_{R2} = I^2 \times R2 = (2)^2 \times 2 = 4 \times 2 = 8\ W$ (امتصاص)

الخطوة 3: التحقق من حفظ القدرة

$$\Sigma P = P_{Vs} + P_{R1} + P_{R2} = -24 + 16 + 8 = 0\ \checkmark$$

القدرة المجهزة = 24 W = القدرة الممتصة ✓ (16 + 8 = 24 W)

Example 2 – دائرة بمصدر جهد ومصدر تيار



المعطيات:

Vs = 10 V

Is = 2 A (مصدر تيار مستقل)

R1 = 3 Ω

R2 = 6 Ω

المطلوب:

1. حساب التيارات في R1 و R2
2. حساب القدرة في كل عنصر
3. التحقق من حفظ القدرة

Example 2 – Sol. (الحل)

التحليل :العقدة Aمتصلة بـ Vsو R1و .R2العقدة Bهي المرجع .(Ground)

الخطوة :1حساب التيارات

الجهد على العقدة) V_A = Vs = 10 V :Aمصدر الجهد يربط Aبالأرض مباشرة(

التيار عبر) I_R1 = V_A / R1 = 10 / 3 = 3.333 A :R1من Aإلى B)

التيار عبر) I_R2 = V_A / R2 = 10 / 6 = 1.667 A :R2من Aإلى B)

KCLفي العقدة A: I_Vs + I_Is = I_R1 + I_R2

I_Vs = I_R1 + I_R2 - I_Is = 3.333 + 1.667 - 2 = 3 A

الخطوة :2حساب القدرة في كل عنصر

المصدر) P_Vs = -Vs × I_Vs = -10 × 3 = -30 W :Vsتجهيز(

المصدر) V_Is = V_A = 10 V :Is = 2A، التيار يدخل من الطرف السالب) P_Is = -V_Is × I_Is = -10 × 2 = -20 W →تجهيز(

المقاومة) P_R1 = V_A² / R1 = (10)² / 3 = 100/3 = 33.333 W :R1 = 3Ωامتصاص(

المقاومة) P_R2 = V_A² / R2 = (10)² / 6 = 100/6 = 16.667 W :R2 = 6Ωامتصاص(

الخطوة :3التحقق من حفظ القدرة

ΣP = -30 + (-20) + 33.333 + 16.667 = -50 + 50 = 0 ✓

القدرة المجهزة = 50 W =القدرة الممتصة ✓ (33.333 + 16.667 = 50 W)

ملاحظات مهمة Important Notes –

اتفاقية الإشارة السلبية: Passive Sign Convention

- دخل التيار من +الجهد ← امتصاص ($P > 0$)
- دخل التيار من -الجهد ← تجهيز ($P < 0$)

المقاومات دائماً تمتص قدرة $P = I^2R = V^2/R > 0$:

- الطاقة الممتصة تتحول إلى حرارة)تأثير جول.(

المصادر المستقلة عادةً تجهز قدرة $P = -VI < 0$:

- إلا إذا كان التيار يدخل من +الجهد)شحن بطارية مثلاً.(

القدرة دالة غير خطية :لا يمكن تطبيق مبدأ التراكب Superpositionعليها مباشرة.

- يجب حساب التيار الكلي أولاً ثم تطبيق $P = I^2R$.

حفظ القدرة $\Sigma P = 0$:في أي دائرة مغلقة.

- هذا هو التحقق النهائي لصحة الحلول الكهربائية.

ملخص – Summary

القدرة الكهربائية (P): معدل تحويل الطاقة [Watt] $P = V \times I$

الطاقة الكهربائية (W): القدرة × الزمن [Joule] $W = P \times t$

القدرة في المقاومات:

$P = VI = I^2R = V^2/R$ دائماً موجبة → امتصاص

اتفاقية الإشارة السلبية:

- $P > 0$: امتصاص — (Absorbing) التيار يدخل من + الجهد
- $P < 0$: تجهيز — (Supplying) التيار يدخل من - الجهد

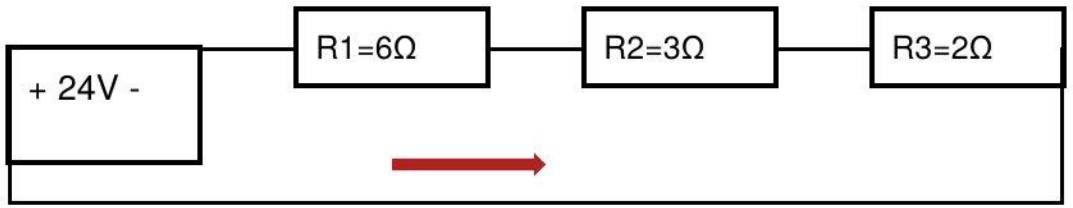
حفظ القدرة:

$$\Sigma P = 0 \rightarrow \Sigma P_{supplied} = \Sigma P_{absorbed}$$

تحذير: القدرة غير خطية → لا تطبق Superposition عليها مباشرة

الواجب المنزلي – Homework

الواجب الأول



For the circuit shown, find the power absorbed by each resistor and verify conservation of power.

المعطيات Ω R3 = 2 ,Ω R2 = 3 ,Ω R1 = 6 ,V Vs = 24 :

المطلوب :احسب القدرة الممتصة في كل مقاومة والتحقق من حفظ القدرة.

الواجب الثاني

دائرة تحتوي على R1 .Ω R2 = 8 ,Ω R1 = 4 ,A Is = 3 ,V Vs = 18 :على التوالي مع Vs، و R2على التوازي مع المصدر.

المطلوب :احسب القدرة في كل عنصر (Vs, Is, R1, R2)والتحقق من حفظ القدرة.

Hint:استخدم KCLلإيجاد التيارات ثم احسب القدرة لكل عنصر.

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ب (قصر مصدر الجهد

السؤال الثاني) :ج (القدرة

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1	صيغ حساب القدرة + (P=VI=I²R=V²/R)خطوات حفظ القدرة +دائرة توالي مطابقة — Example 1
Q2	نفس الصيغ والخطوات +دائرة مطابقة بمصدري Vsو Isمعاً — Example 2

المحاضرة 21th & 22th:

المصدر الحقيقي والمصدر المثالي وتحويل المصادر

Ideal & Real Sources — Source Transformation

م .م .سرى سلام كمال الدين

المعهد التقني -نجف

قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :القدرة والطاقة الكهربائية (Power & Energy)

1 **القدرة الكهربائية P تُحسب بالعلاقة:**

ج) P = V + I

ب) P = V × I

أ) P = V / I

2 **حفظ القدرة في الدائرة الكهربائية يعني أن:**

ج) القدرة تزداد باستمرار

ب) مجموع المجهزة =مجموع الممتصة

أ) مجموع القدرات المجهزة = صفر دائماً

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1 فهم مفهوم مصدر الفولتية المثالي (Ideal Voltage Source)وخصائصه.

2 تمييز مصدر الفولتية الحقيقي (Real Voltage Source)ودور المقاومة الداخلية .Rs

3 فهم مفهوم مصدر التيار المثالي (Ideal Current Source)وخصائصه.

4 تمييز مصدر التيار الحقيقي (Real Current Source)ودور المقاومة الموازية .Rp

5 تطبيق تحويل المصادر (Source Transformation)بين مصدر فولتية ومقاومة على التوالي ومصدر تيار ومقاومة على التوازي.

6 استخدام التحويل لتبسيط الدوائر الكهربائية المعقدة.

مصدر الفولتية المثالي – Ideal Voltage Source

التعريف :مصدر فولتية مثالي هو عنصر نظري يحافظ على جهد ثابت عبر طرفيه بغض النظر عن التيار الذي يمر عبره.

الرمز الكهربائي:

) – +دائرة مع علامة +و –داخلها(

الخصائص الرئيسية:

- الجهد ثابت) Vs = V :ثابت لأي قيمة تيار(
- المقاومة الداخلية) Rs = 0 Ω :مثالية(
- التيار يتحدد من الحمل الخارجيI = Vs / R_load :
- يمكن توصيله على التوالي مع عناصر أخرى

القيود:

- لا يمكن توصيل مصدرين فولتية مثاليين على التوازي)إلا إذا كانا متساويين تماماً.(
- التيار النظري يمكن أن يصل إلى ∞عند قصر الطرفين .(Short Circuit)

العلاقة :I-Vخط رأسي على المحور Vعند قيمة .Vs

مصدر الفولتية الحقيقي – Real Voltage Source

التعريف :مصدر فولتية حقيقي يتكون من مصدر فولتية مثالي Vsعلى التوالي مع مقاومة داخلية .Rs

الرمز الكهربائي:

Vsعلى التوالي مع) Rsمقاومة صغيرة داخلية(

النموذج الرياضي:

$$V_out = Vs - I \times Rs$$

الخصائص:

- الجهد على الطرفين يقل بزيادة التيار)بسبب هبوط الجهد على .(Rs
- Rs تمثل الخسارة الداخلية)مقاومة البطارية، مقاومة الملفات.(...
- عند) I = 0دائرة مفتوحة) V_out = Vs :(جهد الدائرة المفتوحة.(
- عند) V_out = 0قصر) I_sc = Vs / Rs :(تيار القصر.(

العلاقة :I-Vخط مائل ينخفض من Vsعند I=0إلى 0عند .I=Vs/Rs

مثال :بطارية 12Vمع :Rs = 0.5Ω

- عند I = 2A: V_out = 12 − (2 × 0.5) = 11 V
- عند I = 6A: V_out = 12 − (6 × 0.5) = 9 V
- تيار القصرI_sc = 12 / 0.5 = 24 A :

مصدر التيار المثالي – Ideal Current Source

التعريف :مصدر تيار مثالي هو عنصر نظري يحافظ على تيار ثابت يمر عبره بغض النظر عن الجهد عبر طرفيه.

الرمز الكهربائي:

دائرة مع سهم داخلها (↑)يشير إلى اتجاه التيار

الخصائص الرئيسية:

- التيار ثابت) I = Is :ثابت لأي قيمة جهد(
- المقاومة الداخلية) Rp = ∞ Ω :مثالية ـــدائرة مفتوحة داخلياً(
- الجهد يتحدد من الحمل الخارجيV = Is × R_load :
- يمكن توصيله على التوازي مع عناصر أخرى

القيود:

- لا يمكن توصيل مصدرين تيار مثاليين على التوالي)إلا إذا كانا متساويين تماماً.(
- الجهد النظري يمكن أن يصل إلى ∞عند فتح الطرفين .(Open Circuit)

العلاقة :I-Vخط أفقي على المحور Iعند قيمة .Is

مصدر التيار الحقيقي – Real Current Source

التعريف :مصدر تيار حقيقي يتكون من مصدر تيار مثالي Isعلى التوازي مع مقاومة داخلية .Rp

الرمز الكهربائي:

Isعلى التوازي مع) Rpمقاومة كبيرة داخلية(

النموذج الرياضي:

$$I_out = Is - (V / Rp)$$

الخصائص:

- التيار الخارجي يقل بزيادة الجهد)بسبب تسرب التيار عبر .(Rp
- Rp تمثل الخسارة الداخلية)مقاومة العزل، تسرب التيار.(...
- عند) V = 0قصر) I_out = Is :(تيار القصر ـــأقصى تيار.(
- عند) I_out = 0دائرة مفتوحة) V_oc = Is × Rp :(جهد الدائرة المفتوحة.(

العلاقة :I-Vخط مائل ينخفض من Isعند V=0إلى 0عند .V=Is×Rp

مثال :مصدر تيار 5Aمع :Rp = 10Ω

- عند V = 20V: I_out = 5 − (20/10) = 5 − 2 = 3 A
- عند V = 40V: I_out = 5 − (40/10) = 5 − 4 = 1 A
- جهد الدائرة المفتوحةV_oc = 5 × 10 = 50 V :

تحويل المصادر – Source Transformation

المبدأ :يمكن تحويل مصدر فولتية حقيقي (Vs على التوالي مع Rs) إلى مصدر تيار حقيقي مكافئ (Is على التوازي مع Rp) والعكس صحيح.

القواعد:

1 مصدر فولتية ← مصدر تيار:

- $Is = Vs / Rs$
- $Rp = Rs$ (نفس القيمة، لكن على التوازي بدلاً من التوالي)
- الاتجاه :التيار يخرج من الطرف الموجب للجهد

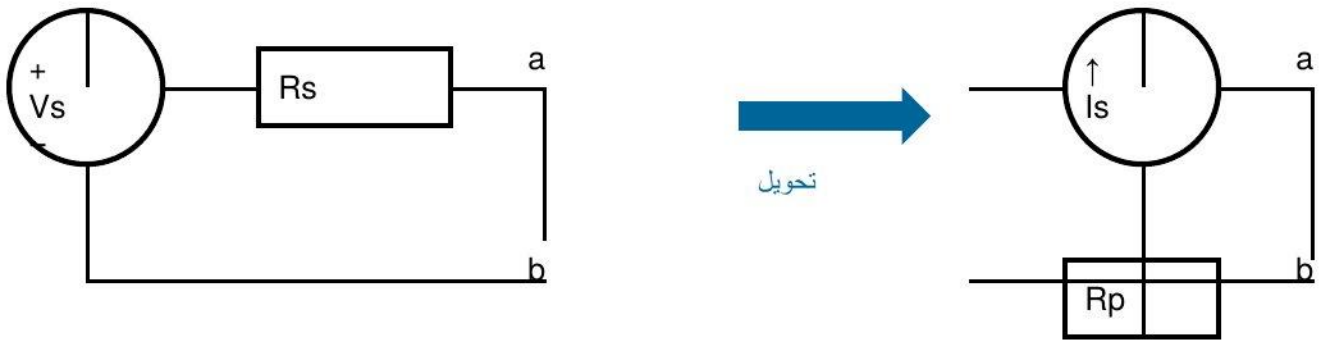
2 مصدر تيار ← مصدر فولتية:

- $Vs = Is \times Rp$
- $Rs = Rp$ (نفس القيمة، لكن على التوالي بدلاً من التوازي)
- القطبية :الموجب يكون في اتجاه خروج التيار

الشرط) $Rs = Rp = R$:المقاومة ثابتة في التحويل، يتغير موقعها فقط(

ملاحظة :التحويل يحافظ على خصائص الدائرة من منظور الحمل الخارجي فقط (V-I Characteristic متطابق.(

Source Transformation – رسم توضيحي للتحويل



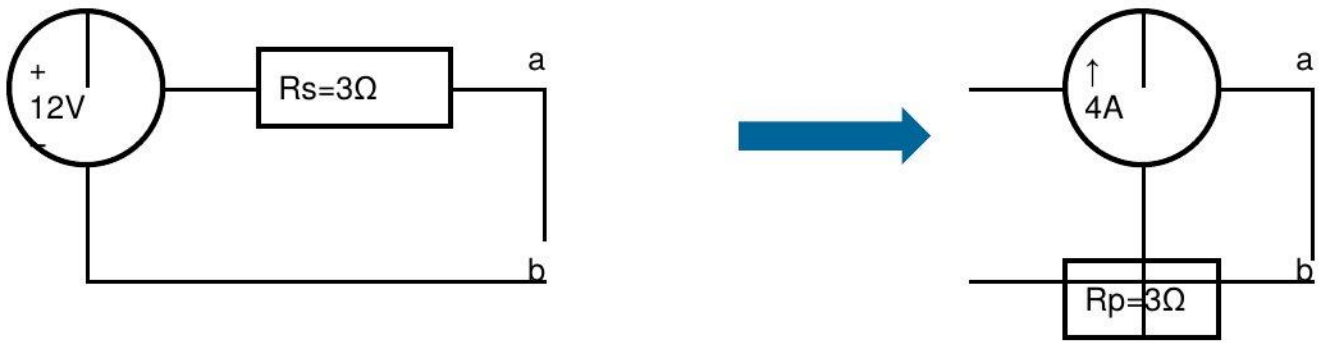
العلاقات الرياضية للتحويل:

مصدر فولتية ⟵ مصدر تيار $Is = Vs / Rs$ و: $Rp = Rs$

مصدر تيار ⟵ مصدر فولتية $Vs = Is \times Rp$ و: $Rs = Rp$

ملاحظة) $Rs = Rp = R$:المقاومة ثابتة، يتغير موقعها فقط :من التوالي إلى التوازي(

Example 1 – تحويل مصدر فولتية إلى مصدر تيار



المعطيات:

(Vs = 12 V مصدر فولتية مثالي)

(Rs = 3 Ω مقاومة داخلية على التوالي)

المطلوب :إيجاد المصدر المكافئ)مصدر تيار مع مقاومة على التوازي.(

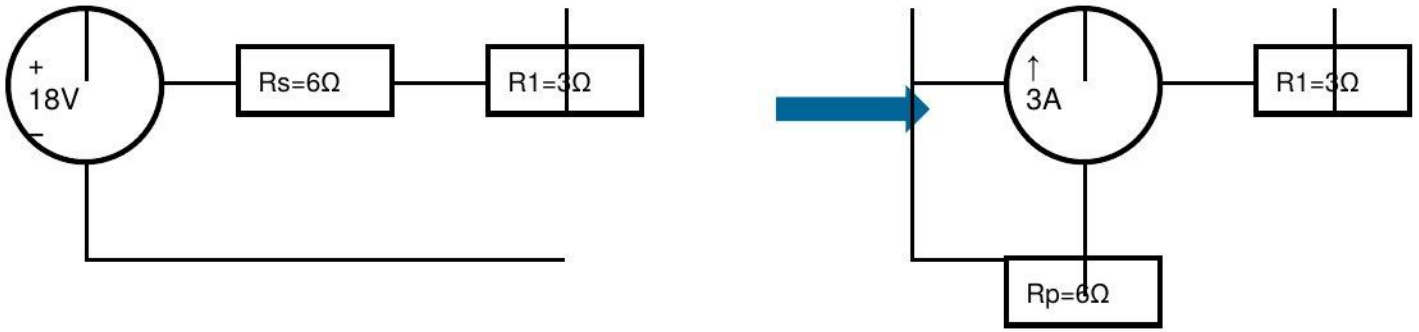
الحل:

Is = Vs / Rs = 12 / 3 = 4 A

Rp = Rs = 3 Ω

التحقق) V_oc :جهد الدائرة المفتوحة✓ Vs = 12 V = 4 × 3 = Is × Rp =)

Example 2 – تبسيط دائرة باستخدام تحويل المصادر



المعطيات:

(Rs = 6 Ω , Vs = 18 V على التوالي) R1 = 3 Ω , (على التوازي مع المصدر)

المطلوب :تبسيط الدائرة باستخدام تحويل المصادر ثم إيجاد V_ab و I_total.

الحل:

الخطوة 1: تحويل مصدر الفولتية إلى مصدر تيار

$$Is = Vs / Rs = 18 / 6 = 3\ A$$

(Rp = Rs = 6 Ω على التوازي مع مصدر التيار)

الخطوة 2: تبسيط المقاومات على التوازي

$$Rp \parallel R1 = 6 \parallel 3 = (6\times3)/(6+3) = 18/9 = 2\ \Omega$$

الخطوة 3: إعادة التحويل إلى مصدر فولتية (اختياري)

$$Vs_new = Is \times (Rp \parallel R1) = 3 \times 2 = 6\ V$$

$$Rs_new = 2\ \Omega$$

التحقق: عند فتح الطرفين ✓ (V_ab = 6 V)

ملاحظات مهمة Important Notes –

مصدر الفولتية المثالي ← Rs = 0 :الجهد ثابت بغض النظر عن التيار.

مصدر الفولتية الحقيقي ← Rs > 0 :الجهد يقل بزيادة التيار .(V = Vs − IRs)

مصدر التيار المثالي ← Rp = ∞ :التيار ثابت بغض النظر عن الجهد.

مصدر التيار الحقيقي ← Rp < ∞ :التيار يقل بزيادة الجهد .(I = Is − V/Rp)

تحويل المصادر :(Source Transformation)

- Vs مع Rs على التوالي ← مع Is = Vs/Rs على التوازي Rp = Rs
- Is مع Rp على التوازي ← مع Vs = Is×Rp على التوالي Rs = Rp

قيود التحويل:

- لا يمكن تحويل مصدر فولتية مثالي (Rs = 0) لأن Is = Vs/0 = ∞.
- لا يمكن تحويل مصدر تيار مثالي (Rp = ∞) لأن Vs = Is×∞ = ∞.
- التحويل يحافظ على خصائص الدائرة من منظور الحمل الخارجي فقط.

الاستخدام :تحويل المصادر مفيد لتبسيط الدوائر قبل تطبيق KCL/KVL أو نظريات ثفنن/نورتن.

ملخص – Summary

مصدر الفولتية المثالي) V = Vs :ثابت (، Rs = 0

مصدر الفولتية الحقيقي V = Vs − IRs :، Rs > 0

مصدر التيار المثالي) I = Is :ثابت (، Rp = ∞

مصدر التيار الحقيقي I = Is − V/Rp :، Rp < ∞

تحويل المصادر:

) Vsمع Rsعلى التوالي) Is = Vs/Rs ← (مع Rp = Rsعلى التوازي(

) Isمع Rpعلى التوازي) Vs = Is×Rp ← (مع Rs = Rpعلى التوالي(

العلاقة بين المصادر الحقيقية:

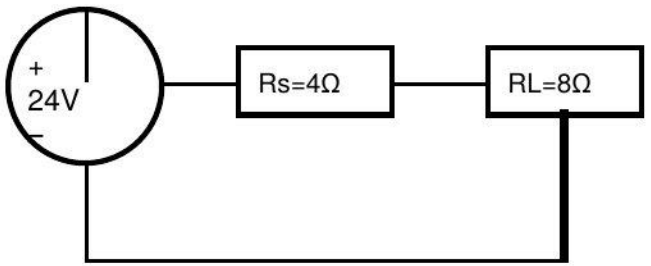
) V_oc = Vs = Is × Rp •جهد الدائرة المفتوحة(

) I_sc = Is = Vs / Rs •تيار القصر(

) Rs = Rp = R •المقاومة المكافئة ثابتة(

الواجب المنزلي Homework –

الواجب الأول

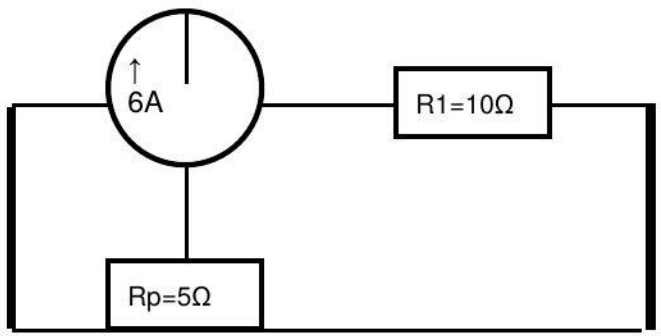


المعطيات: $Vs = 24\ V\ ,\ Rs = 4\ \Omega\ ,\ RL = 8\ \Omega$

المطلوب:

1. حول مصدر الفولتية إلى مصدر تيار مكافئ.
2. احسب تيار الحمل I_L باستخدام مقسم التيار.
3. احسب (V_L جهد الحمل (والتحقق من النتيجة.

الواجب الثاني



المعطيات) $Rp = 5\ \Omega\ ,\ Is = 6\ A$:على التوازي) $R1 = 10\ \Omega$, (على التوالي(

المطلوب:

1. حول مصدر التيار إلى مصدر فولتية مكافئ.
2. احسب (V_{ab} جهد الطرفين (عند فتح الدائرة.
3. احسب I_{total} عند توصيل R1 ثم التحقق من حفظ القدرة.

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :بـI × V = P)

السؤال الثاني) :ب (المجهزة =الممتصة

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1	قواعد تحويل المصادر + (Vs→Is)رسم توضيحي +دائرة مطابقة تماماً Example 1 —
Q2	نفس القواعد +دائرة مطابقة)تحويل +إضافة حمل +إيجاد V_ab) — Example 2

المحاضرة 23th & 24th :

نظرية انتقال القدرة العظمى

Maximum Power Transfer Theorem

متى تنتقل أكبر قدرة للحمل؟

م .م .سرى سلام كمال الدين

المعهد التقني -نجف

قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :المصدر الحقيقي والمثالي وتحويل المصادر

1 **عند تحويل مصدر فولتية حقيقي إلى مصدر تيار مكافئ، تُستخدم العلاقة:**

ج) $Is = Rs / Vs$

ب) $Is = Vs / Rs$

أ) $Is = Vs \times Rs$

2 **عند تحويل المصادر، تبقى قيمة المقاومة الداخلية:**

ج) تصبح صفراً

ب) تتضاعف

أ) نفسها لكن يتغير موضعها

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. فهم نظرية انتقال القدرة العظمى (Maximum Power Transfer Theorem)ومتى تُطبق.
2. إثبات أن أقصى قدرة تُنقل للحمل عندما تساوي مقاومة الحمل مقاومة المصدر.RL = Rs :
3. حساب القدرة العظمى المنقولة للحمل باستخدام العلاقة.(Pmax = Vth² / (4 × Rth :
4. تمييز بين كفاءة الدائرة عند انتقال القدرة العظمى (50%)وباقي الحالات.
5. تطبيق النظرية على دوائر DCباستخدام نظريات ثفنن أو نورتن.
6. فهم الفرق بين تطابق المقاومات (Impedance Matching)في الدوائر ACو DC.

تعريف نظرية انتقال القدرة العظمى – Maximum Power Transfer Theorem

التعريف :تُنقل أقصى قدرة ممكنة من مصدر إلى حمل عندما تساوي مقاومة الحمل (RL)مقاومة المصدر الداخلية Rs)أو .(Rth
بمعنى آخر :للحصول على أقصى قدرة في الحمل RL، يجب أن يكون:

$$RL = Rs = Rth$$

الدائرة المبسطة:

) Vsأو (Vthعلى التوالي مع) Rsأو ← (Rthثم RLعلى التوالي

القدرة في الحمل:

$$P_L = I^2 \times RL = [Vs / (Rs + RL)]^2 \times RL$$

الشرط الأمثل:

عند $RL = Rs \rightarrow P_L = Pmax = Vs^2 / (4 \times Rs)$

ملاحظة :هذه النظرية تنطبق على الدوائر الخطية DCو) ACمع تعديل للمقاومة المعقدة .(Z

– Mathematical Proof الإثبات الرياضي

الدائرة Vs :على التوالي مع Rsو RL

الخطوة 1:التيار في الدائرة

$$I = Vs / (Rs + RL)$$

الخطوة 2:القدرة في الحمل RL

$$P_L = I^2 \times RL = [Vs / (Rs + RL)]^2 \times RL$$

$$P_L = Vs^2 \times RL / (Rs + RL)^2$$

الخطوة 3:إيجاد القيمة العظمى)بالمشتقة(

$dP_L / dRL = 0$ الشرط اللازم للقيمة العظمى( )

باستخدام قاعدة القسمة:

$$dP_L/dRL = Vs^2 \times [(Rs + RL)^2 - 2RL(Rs + RL)] / (Rs + RL)^4 = 0$$

$$(Rs + RL)^2 = 2RL(Rs + RL)$$

$$Rs + RL = 2RL$$

$$Rs = RL$$

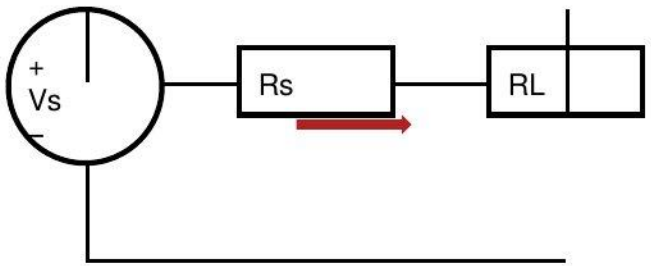
النتيجة :أقصى قدرة تُنقل عند $RL = Rs$

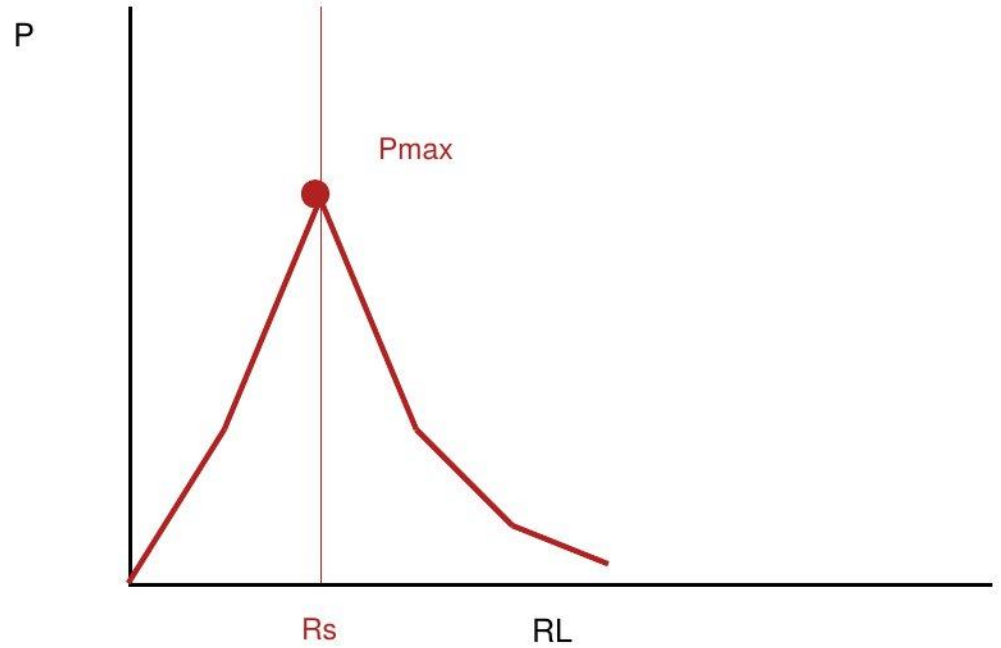
الخطوة 4:حساب القدرة العظمى

$$Pmax = Vs^2 \times Rs / (Rs + Rs)^2 = Vs^2 \times Rs / (2Rs)^2 = Vs^2 \times Rs / (4Rs^2)$$

$$Pmax = Vs^2 / (4 \times Rs) = Vth^2 / (4 \times Rth)$$

الدائرة المكافئة ومنحنى القدرة – Circuit & P-RL Curve





المنحنى يوضح:

- عند (RL = 0 → P = 0 قصر، لا حمل)
- عند (RL = Rs → P = Pmax القيمة العظمى)
- عند (RL → ∞ → P → 0 دائرة مفتوحة)

الكفاءة عند Pmax: η = Pout / Pin = RL / (Rs + RL) = Rs / (2Rs) = 50%

بمعنى :نصف القدرة تُستهلك في Rs ونصفها تنتقل للحمل.

– Efficiency & Power Relations الكفاءة وعلاقات القدرة

القدرة الكلية المجهزة من المصدر:

$$P_{total} = V_s \times I = V_s^2 / (R_s + R_L)$$

القدرة الممتصة في مقاومة المصدر Rs:

$$P_{Rs} = I^2 \times R_s = V_s^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

القدرة المنتقلة للحمل RL:

$$P_{RL} = I^2 \times R_L = V_s^2 \times R_L / (R_s + R_L)^2$$

الكفاءة (Efficiency):

$$\eta = P_{RL} / P_{total} = R_L / (R_s + R_L)$$

حالات خاصة:

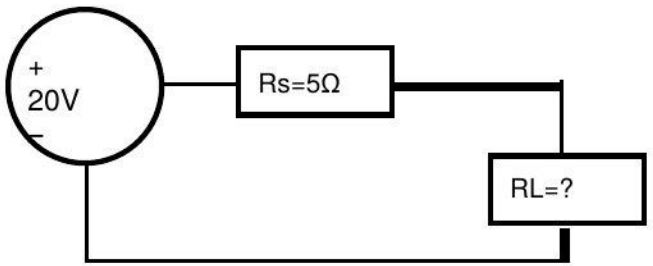
- $R_L = 0$ (قصر): $\eta = 0\%$, $P_{RL} = 0$, $P_{Rs} = P_{max}$
- $R_L = R_s$ (تطابق): $\eta = 50\%$, $P_{RL} = P_{max} = V_s^2/(4R_s)$
- $R_L \to \infty$ (فتح): $\eta \to 100\%$, $P_{RL} \to 0$, $I \to 0$

ملاحظة مهمة:

في أنظمة نقل الطاقة (Power Transmission) نريد كفاءة عالية ($R_L >> R_s$ ← لا نريد Pmax).

في أنظمة الاتصالات (Communication) نريد ($R_L = R_s \to P_{max}$ تطابق المقاومات.)

Example 1 إيجاد RL للحصول على Pmax



المعطيات:

Vs = 20 V

Rs = 5 Ω

RL = متغير

المطلوب:

1. قيمة RL التي تعطي أقصى قدرة للحمل.
2. قيمة القدرة العظمى Pmax.
3. التيار I عند Pmax.
4. الكفاءة η عند Pmax.

Example 1 – Sol. (الحل)

الخطوة 1: إيجاد RL للحصول على Pmax

بنظرية انتقال القدرة العظمى:

$$RL = Rs = 5\ \Omega$$

الخطوة 2: حساب القدرة العظمى Pmax

$$Pmax = Vs^2 / (4 \times Rs) = (20)^2 / (4 \times 5) = 400 / 20 = 20\ W$$

الخطوة 3: حساب التيار عند Pmax

$$I = Vs / (Rs + RL) = 20 / (5 + 5) = 20 / 10 = 2\ A$$

التحقق ✓ $Pmax = I^2 \times RL = (2)^2 \times 5 = 4 \times 5 = 20\ W$:

الخطوة 4: حساب الكفاءة عند Pmax

$$\eta = RL / (Rs + RL) = 5 / (5 + 5) = 5 / 10 = 0.5 = 50\%$$

النتائج النهائية:

$$RL = 5\ \Omega$$

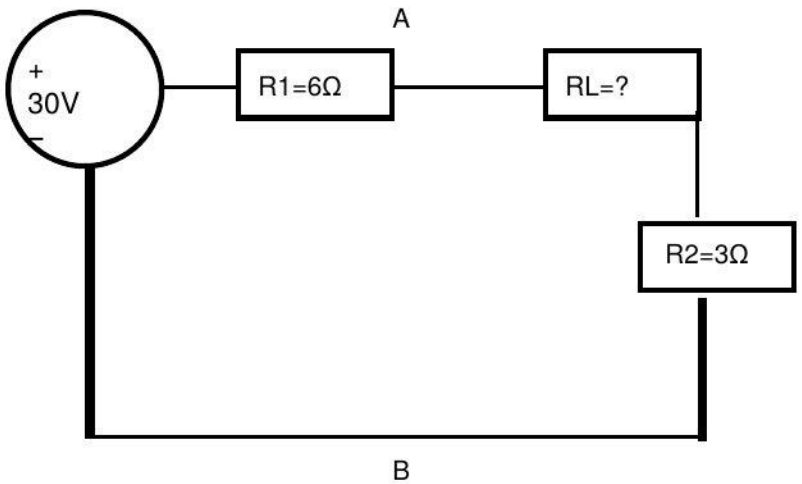
$$Pmax = 20\ W$$

$$I = 2\ A$$

$$\eta = 50\%$$

ملاحظة: عند RL = Rs، نصف القدرة تُستهلك في Rs (20W) ونصفها تنتقل للحمل (20W).

Example 2 – دائرة معقدة باستخدام نظرية ثفنن



المعطيات:

Vs = 30 V

R1 = 6 Ω

R2 = 3 Ω

RL = متغير)موصول بين Aو B)

المطلوب:

1. إيجاد الدائرة المكافئة لثفنن .(Vth, Rth)
2. قيمة RLللحصول على .Pmax
3. حساب Pmaxو I_Lاو V_Lعند .Pmax
4. حساب الكفاءة ηعند .Pmax

Example 2 – Sol. (الحل)

الخطوة 1: إيجاد الدائرة المكافئة لثفنن

Vth (جهد الدائرة المفتوحة بين A و B):

$$Vth = Vs \times R2 / (R1 + R2) = 30 \times 3 / (6 + 3) = 90 / 9 = 10\ V$$

Rth (مقاومة ثفنن:(

$$Rth = R1 \parallel R2 = (6 \times 3) / (6 + 3) = 18 / 9 = 2\ \Omega$$

الخطوة 2: قيمة RL للحصول على Pmax

$$RL = Rth = 2\ \Omega$$

الخطوة 3: حساب Pmax و I_L و V_L

$$Pmax = Vth^2 / (4 \times Rth) = (10)^2 / (4 \times 2) = 100 / 8 = 12.5\ W$$

$$I_L = Vth / (Rth + RL) = 10 / (2 + 2) = 10 / 4 = 2.5\ A$$

$$V_L = I_L \times RL = 2.5 \times 2 = 5\ V$$

التحقق ✓ : $Pmax = V_L \times I_L = 5 \times 2.5 = 12.5\ W$

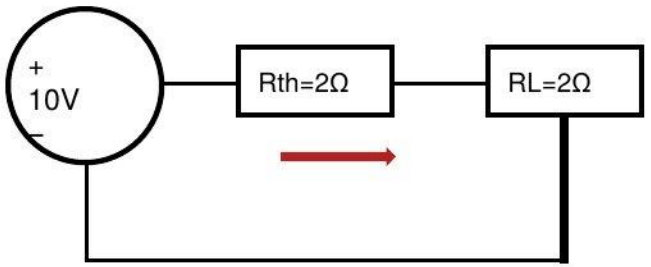
الخطوة 4: الكفاءة عند Pmax

$$\eta = RL / (Rth + RL) = 2 / (2 + 2) = 2 / 4 = 0.5 = 50\%$$

النتائج النهائية:

$$RL = 2\ \Omega,\ Pmax = 12.5\ W,\ I_L = 2.5\ A,\ V_L = 5\ V,\ \eta = 50\%$$

Example 2 – الدائرة المكافئة لثفنن ومنحنى القدرة



جدول القدرة عند قيم مختلفة لـ RL

RL (Ω)	I (A)	V_L (V)	P_L (W)
0	5.0	0	0
1	3.33	3.33	11.11
2 (Rs)	**2.5**	**5.0**	**12.5 (Pmax)**
3	2.0	6.0	12.0
4	1.67	6.67	11.11
6	1.25	7.5	9.375
10	0.833	8.33	6.94

ملاحظات من الجدول:

- عند RL = 0 → I = Vth/Rth = 10/2 = 5 A, V_L = 0, P_L = 0
- عند RL = Rth = 2 Ω → P_L = Pmax = 12.5 W (القيمة العظمى)
- عند RL > Rth → القدرة تبدأ بالانخفاض تدريجياً
- المنحنى P_L vs RL متناظر حول) RL = Rth شكل جرسي (Bell Curve)

Important Notes ملاحظات مهمة

نظرية انتقال القدرة العظمى تنطبق فقط على الدوائر الخطية.

الشرط الأساسي للحصول على Pmax.: $R_L = R_s = R_{th}$

القدرة العظمى:

- باستخدام ثفنن( ) $P_{max} = V_{th}^2 / (4 \times R_{th})$
- باستخدام نورتن( ) $P_{max} = I_N^2 \times R_N / 4$

الكفاءة عند Pmax دائماً :50%نصف القدرة تُستهلك في Rs ونصفها تنتقل للحمل.

تطبيقات النظرية:

- أنظمة الاتصالات :نريد ($R_L = R_s \rightarrow P_{max}$ تطابق المقاومات .(Impedance Matching
- نقل الطاقة :نريد كفاءة عالية ($R_L >> R_s$ ←لا نريد .(Pmax
- مكبرات الصوت :تطابق مقاومة المكبر مع مقاومة السماعة للحصول على أقصى صوت.

في الدوائر AC:الشرط يصبح ($Z_L = Z_s^*$ المقاومة المركبة المعقدة المرافقة.(

لا يمكن تطبيق مبدأ التراكب على القدرة $(P = I^2R)$ لأنها دالة غير خطية.

ملخص – Summary

نظرية انتقال القدرة العظمى:

تُنقل أقصى قدرة للحمل عند $RL = Rs = Rth$

القدرة العظمى:

$$Pmax = Vth^2 / (4 \times Rth) = Vs^2 / (4 \times Rs)$$

الكفاءة عند Pmax:

η = 50%) نصف القدرة في Rs ونصفها في RL)

الخطوات:

1. إيجاد الدائرة المكافئة لثفنن (Vth, Rth) أو نورتن (IN, RN).
2. $RL = Rth$ للحصول على Pmax.
3. حساب $Pmax = Vth^2 / (4 \times Rth)$.

المنحنى P vs RL:

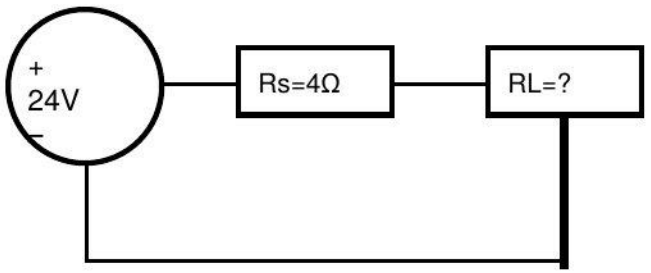
- شكل جرسي متناظر حول $RL = Rth$.
- $P = 0$ عند $RL = 0$ و $RL \to \infty$.
- Pmax عند $RL = Rth$.

التطبيقات:

- اتصالات (Pmax) $RL = Rs$:
- نقل طاقة) $RL >> Rs$:كفاءة عالية.(

الواجب المنزلي – Homework

الواجب الأول

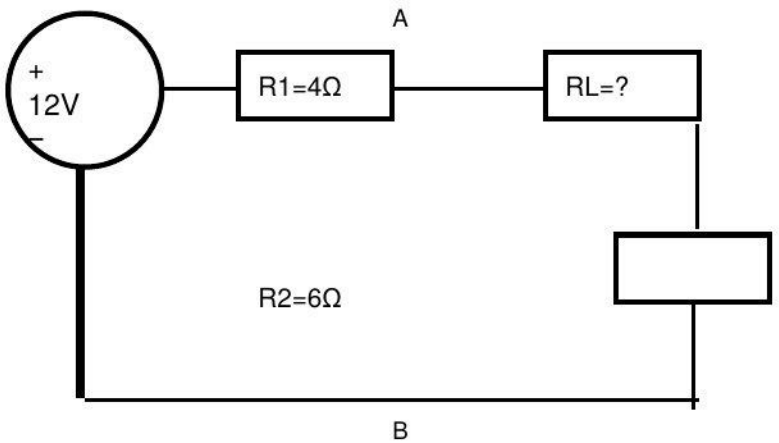


المعطيات $Vs = 24\ V\ ,\ Rs = 4\ \Omega$:

المطلوب:

1. قيمة RL التي تعطي أقصى قدرة للحمل.
2. حساب Pmax و I_L او V_L عند Pmax.
3. حساب الكفاءة η عند Pmax.
4. رسم منحنى P_L vs RL عند $RL = 0, 2, 4, 6, 8, 12\ \Omega$.

الواجب الثاني



المعطيات $Vs = 12\ V\ ,\ R1 = 4\ \Omega\ ,\ R2 = 6\ \Omega$:

RL موصول بين العقدتين A و B.

المطلوب:

1. إيجاد الدائرة المكافئة لثفنن (Vth, Rth).
2. قيمة RL للحصول على Pmax.
3. حساب Pmax و I_L او V_L عند Pmax.
4. التحقق من النتيجة بحساب القدرة مباشرة من الدائرة الأصلية.

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :بـ Is = Vs / Rs)

السؤال الثاني) :أ (نفسها ويتغير موضعها

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1	تعريف النظرية وصيغة) RL=Rsالشريحة + (3منحنى P-RLوالكفاءة)الشريحة + (5دائرة مطابقة تماماً Example 1 —
Q2	تعريف النظرية)الشريحة + (3دائرة معقدة تحتاج ثفنن، مطابقة تماماً لأسئلة الواجب الأربعة — Example 2

المحاضرة 25 و 26

مقدمة عن التيار المتناوب AC

Introduction to Alternating Current

م .م .سرى سلام كمال الدين

المعهد التقني -نجف

قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :نظرية انتقال القدرة العظمى

1 **تنتقل أقصى قدرة ممكنة للحمل عندما تكون مقاومة الحمل RL:**

ج) تقترب من اللانهاية

ب) تساوي Rs أو (Rth)

أ) تساوي صفراً

2 **القدرة العظمى المنقولة للحمل Pmax تُحسب بالعلاقة:**

ج) $Pmax = Vth^2 \times Rth$

ب) $Pmax = Vth \times Rth$

أ) $Pmax = Vth^2 / (4 \times Rth)$

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. فهم مفهوم التيار المتناوب AC وكيفية توليده.
2. تمييز الفرق الأساسي بين التيار المتناوب AC والتيار المستمر DC.
3. معرفة أهمية AC ولماذا يُستخدم في نقل الطاقة الكهربائية.
4. تعريف القيم الفعالة RMS والقيمة الذروية Peak.
5. فهم التردد والدورة الزمنية للموجة الجيبية.
6. معرفة التطبيقات العملية للتيار المتناوب في الحياة اليومية.

ما هو التيار المتناوب AC؟

التعريف :تيار كهربائي يتغير اتجاهه وقيمته بشكل دوري مع الزمن.

الشكل الموجي :موجة جيبية .Sine Wave

المعادلة الرياضية:

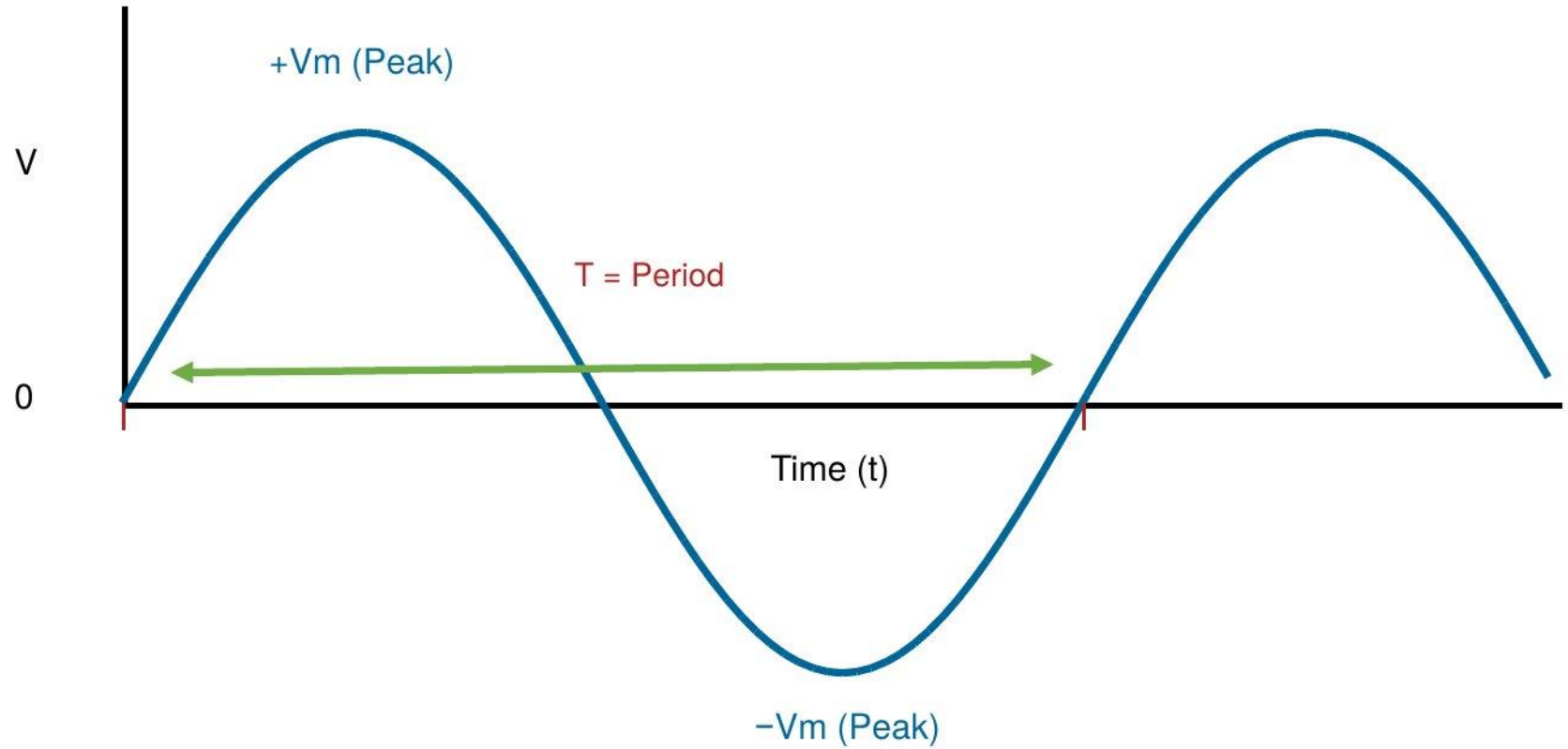
$$v(t) = Vm \times \sin(\omega t)$$

$$i(t) = Im \times \sin(\omega t)$$

حيث:

- Vm = الجهد الذروي (Peak Voltage)
- Im = التيار الذروي (Peak Current)
- $\omega = 2\pi f$ = السرعة الزاوية (Angular Frequency)
- f = التردد (Hz) , T = الدورة الزمنية (s)

Sine Wave الموجة الجيبية



عناصر الموجة:

- Vm: الجهد الذروي
- Vrms = Vm/√2
- T: الدورة الزمنية
- f = 1/T: التردد
- ω = 2πf

f = 50 Hz

T = 20 ms

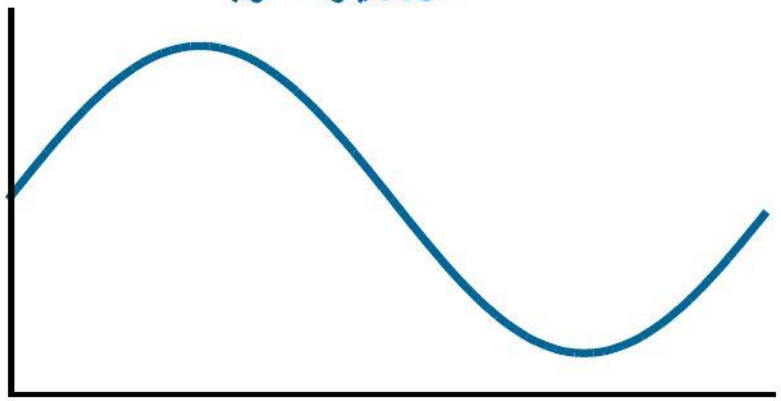
Vrms = 220V

Vm = 220×√2

≈ 311V

الفرق بين AC و DC

- AC تيار متناوب



- اتجاه متغير
- قيمة متغيرة
- الشبكة الكهربائية
- المولدات
- المنازل والمصانع
- $v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t)$

- DC تيار مستمر



- اتجاه ثابت
- قيمة ثابتة
- البطاريات
- الخلايا الشمسية
- الإلكترونيات
- ثابت V =

جدول المقارنة AC vs DC –

العنصر	AC	DC
الاتجاه	يتغير دورياً	ثابت
الشكل الموجي	جيبي Sine	خط مستقيم
التردد	50/60 Hz	صفر
الجهد المنزلي	220V (Iraq)	1.5V - 48V
نقل الطاقة	فعال على مسافات بعيدة	للمسافات القصيرة
المحولات	يعمل مع المحولات	لا يعمل
التطبيقات	منازل، مصانع	إلكترونيات، بطاريات
الخطر	أقل خطورة نسبياً	أكثر خطورة عند الجهد العالي

لماذا التيار المتناوب AC؟

1 سهولة توليد الطاقة:

•المولدات تنتج AC بشكل طبيعي من الحركة الدورانية.

2 نقل الطاقة على مسافات بعيدة:

•يمكن رفع الجهد باستخدام المحولات ← تقليل الفقد .($P_{loss} = I^2R$)

•مثال :نقل 100MW على مسافة 500km بجهد 400kV.

3 تكلفة أقل:

•المولدات والمحولات أرخص من محولات DC.

\4تسهيل التوزيع:

•يمكن خفض الجهد للمستوى المنزلي (220V) بسهولة.

5 الاستخدامات المنزلية:

•المحركات الكهربائية، الإضاءة، الأجهزة المنزلية.

القيم الفعالة RMS والقيمة الذروية Peak

القيمة الذروية Vm :(Peak Value)

•أقصى قيمة للموجة الجيبية.

• $V_m = \sqrt{2} \times V_{rms} \approx 1.414 \times V_{rms}$

القيمة الفعالة :RMS (Root Mean Square)

•القيمة المكافئة لـ DCالتي تعطي نفس القدرة.

• $V_{rms} = V_m / \sqrt{2} \approx 0.707 \times V_m$

• $I_{rms} = I_m / \sqrt{2} \approx 0.707 \times I_m$

القيمة المتوسطة :(Average Value)

($V_{avg} = 0$ •على دورة كاملة)

($V_{avg} = 0.637 \times V_m$ •على نصف دورة)

القيمة الذروية للذروة Vpp :(Peak-to-Peak)

• $V_{pp} = 2 \times V_m = 2\sqrt{2} \times V_{rms}$

مثال :جهد المنزل في العراق

• $V_{rms} = 220\ V$

• $V_m = 220 \times 1.414 = 311\ V$

• $V_{pp} = 2 \times 311 = 622\ V$

التردد والدورة الزمنية Frequency & Period

التردد :(f)عدد الدورات الكاملة في الثانية.

•وحدة القياس :هرتز (Hz)

•في العراق f = 50 Hz : •في أمريكا f = 60 Hz :

الدورة الزمنية :(T)الزمن اللازم لإكمال دورة واحدة.

•وحدة القياس :ثانية (s)

• $T = 1 / f$

•في العراق $T = 1/50 = 0.02\ s = 20\ ms$:

السرعة الزاوية :(ω)معدل التغير الزاوي.

• $\omega = 2\pi f = 2\pi / T$

•في العراق $\omega = 2\pi \times 50 = 314\ rad/s$:

الزاوية الكهربائية :(θ) • $\theta = \omega t = 2\pi f t$

•دورة كاملة 2π =راديان $360°$ =

العلاقات:

• $\omega = 2\pi f$ • $T = 1/f$ • $f = 1/T$

تطبيقات التيار المتناوب AC

1 المنازل والمباني: •الإضاءة، الثلاجات، المكيفات، الغسالات.

•جهد 220V، تردد 50Hz.

2 المصانع والصناعة: •المحركات الكهربائية الثلاثية الطور.

•أجهزة اللحام، المضخات، الضاغطات.

3 الاتصالات: •إشارات الصوت والفيديو.

•البث الإذاعي والتلفزيوني.

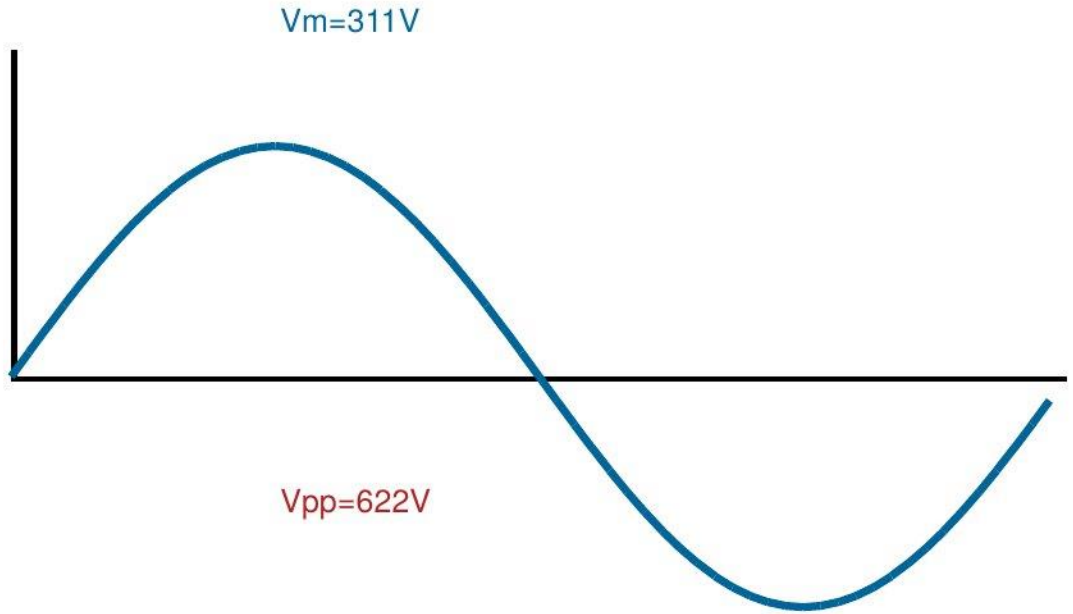
4 النقل والتوزيع: •خطوط نقل الطاقة عالية الجهد (132kV - 400kV).

•المحولات لخفض/رفع الجهد.

5 الأجهزة الطبية: •أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي MRI.

•أجهزة التخطيط القلبي ECG.

Example 1 حساب معاملات الموجة AC



المعطيات:

$V_{rms} = 220\ V$

$f = 50\ Hz$

المطلوب:

V_m, V_{pp}, T, ω

الحل:

$V_m = V_{rms} \times \sqrt{2} = 220 \times 1.414$

$V_m = 311\ V$

$V_{pp} = 2 \times V_m = 2 \times 311$

$V_{pp} = 622\ V$

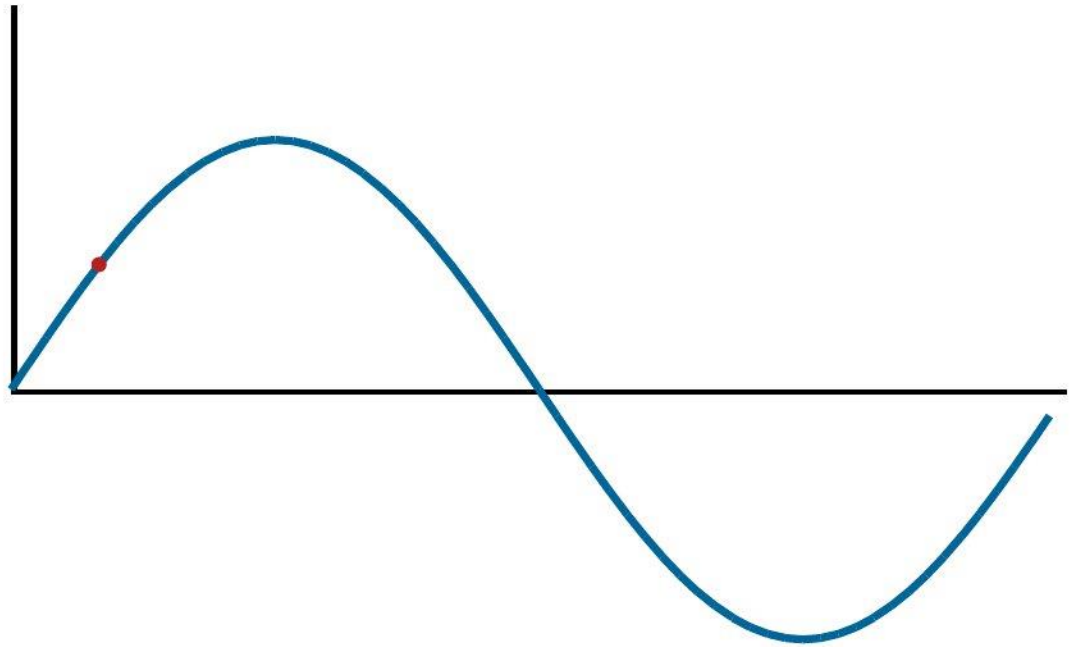
$T = 1/f = 1/50 = 0.02\ s$

$T = 20\ ms$

$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50$

$\omega = 314\ rad/s$

Example 2 حساب القيمة اللحظية للجهد



المعطيات:

$v(t) = 311 \sin(314t)$ V

المطلوب:

1. $v(t)$ عند $t = 2$ ms

2. $v(t)$ عند $t = 5$ ms

3. $v(t)$ عند $\omega t = \pi/6$

الحل:

1. عند: $t = 2$ ms $= 0.002$ s

$\omega t = 314 \times 0.002 = 0.628$ rad

$v = 311 \times \sin(0.628) = 311 \times 0.588$

$v = 183$ V

2. عند: $t = 5$ ms $= 0.005$ s

$\omega t = 314 \times 0.005 = 1.57$ rad $= \pi/2$

$v = 311 \times \sin(\pi/2) = 311 \times 1$

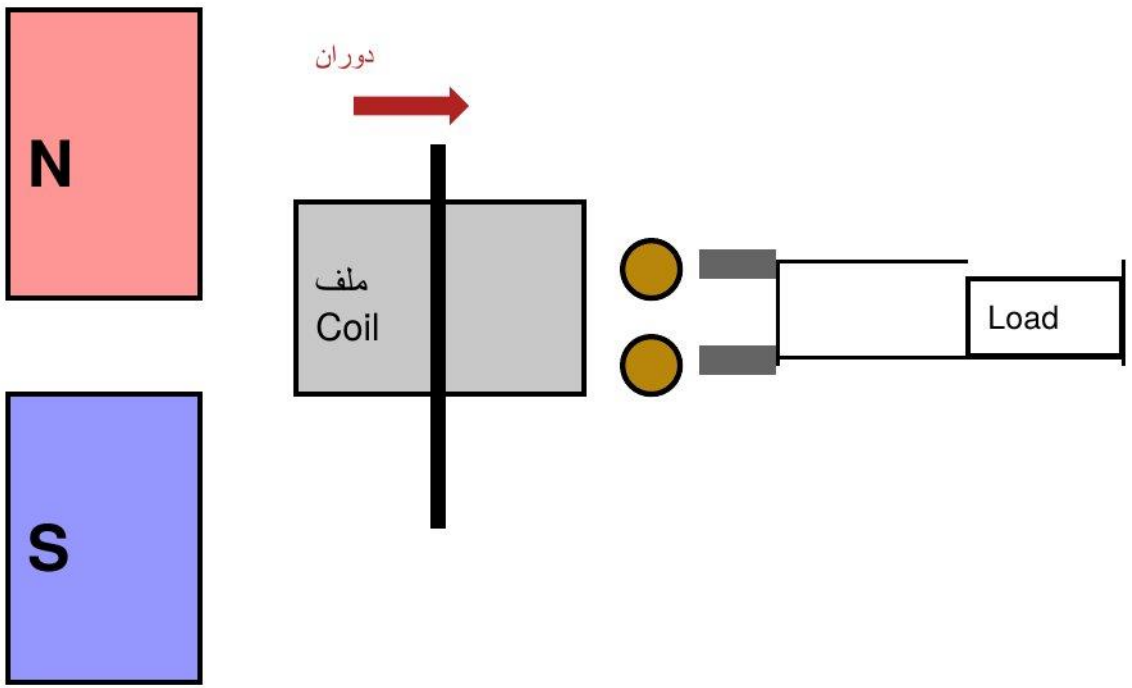
$v = 311$ V $= V_m$ ✓

3. عند: $\omega t = \pi/6 = 30°$

$v = 311 \times \sin(30°) = 311 \times 0.5$

$v = 155.5$ V

مولد التيار المتناوب – AC Generator



المكونات :مغناطيس (N-S) + ملف دوار (Coil) + حلقات انزلاقية (Slip Rings) + فرش (Brushes) + حمل (Load)

المبدأ :قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي ← تغير التدفق المغناطيسي يولد جهد متناوب.

Summary ملخص

التيار المتناوب :ACتيار يتغير اتجاهه وقيمته دورياً.

الفرق بين ACو DC:

AC: •متغير، جيبي، ينقل على مسافات بعيدة.

DC: •ثابت، خطي، للإلكترونيات والبطاريات.

القيم الرئيسية:

- $V_m = V_{rms} \times \sqrt{2}$
- $V_{rms} = V_m / \sqrt{2}$
- $V_{pp} = 2 \times V_m$

التردد والدورة:

- $f = 1/T$, $\omega = 2\pi f$
- •العراق$V_{rms} = 220V$, $T = 20\ ms$, $f = 50\ Hz$:

المعادلة$v(t) = V_m \times \sin(\omega t)$:

التطبيقات :منازل، مصانع، اتصالات، نقل طاقة.

الواجب المنزلي Homework

الواجب الأول المعطيات Vrms = 110 V , f = 60 Hz :

المطلوب:

1. احسب Vm و Vpp.
2. احسب T و ω.
3. اكتب المعادلة اللحظية v(t).
4. احسب v(t) عند t = 5 ms.

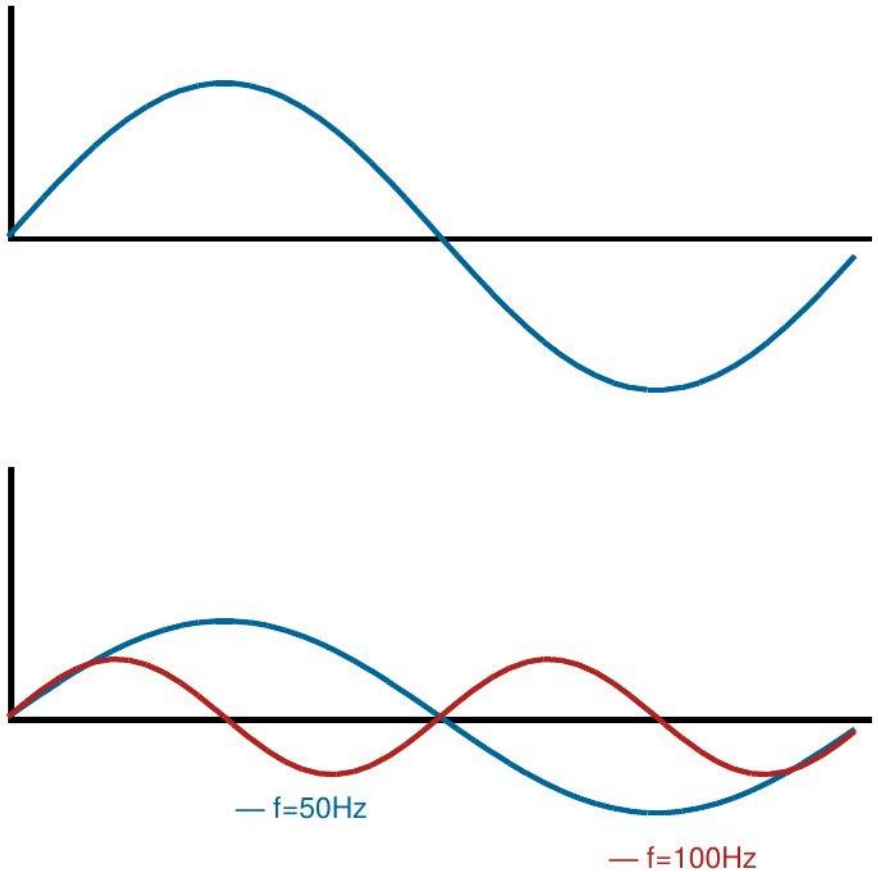
الواجب الثاني المعطيات :موجتان جيبيتان:

$v1(t) = 170 \sin(314t)$ V

$v2(t) = 170 \sin(628t)$ V

المطلوب:

1. ما التردد لكل موجة؟
2. ما الدورة الزمنية لكل موجة؟
3. أي الموجتين تكمل دورتين في نفس الزمن الذي تكمل فيه الموجة الأولى دورة واحدة؟



مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ب) RL = Rs (أو Rth)

السؤال الثاني) :أ) Vth²/(4×Rth))

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي (Homework)لهذه المحاضرة

Q1	صيغ Vm،Vpp،T) ،ω الشرائح 8، Example 1 + (9و Example 2مطابقان تماماً لبنية السؤال
Q2	علاقات التردد والدورة الزمنية (f=1/T، (ω=2πfبنفس قيمة ω=314 rad/sالمستخدمة في السؤال

المحاضرة 27th & 28th

عامل القدرة Power Factor

في دوائر التيار المتردد AC Circuits

Lagging | Leading | تحسين عامل القدرة

م.م .سرى سلام محمد كمال الدين

المعهد التقني-نجف |قسم تقنيات الاتصالات والأمن السيبراني

اختبار قبلي

عن المحاضرة السابقة :مقدمة عن التيار المتناوب (Introduction to AC)

1 العلاقة بين القيمة الذروية Vm والقيمة الفعالة Vrms للموجة الجيبية:

ج) Vrms = Vm

ب) Vrms = Vm / √2

أ) Vrms = Vm × 2

2 السرعة الزاوية ω تُحسب من التردد f بالعلاقة:

ج) ω = π / f

ب) ω = 2πf

أ) ω = f / 2π

أهداف المحاضرة

في نهاية هذه المحاضرة سيكون الطالب قادراً على:

1. تعريف عامل القدرة Power Factorومعرفة أهميته في دوائر AC
2. تمييز بين عامل القدرة المتأخر Laggingوعامل القدرة المتقدم Leading
3. حساب عامل القدرة من القدرة الفعالة والقدرة الظاهرية
4. فهم مثلث القدرة Power Triangleوعلاقته بعامل القدرة
5. تحليل تأثير الحثية والسعوية على عامل القدرة
6. تطبيق طرق تحسين عامل القدرة باستخدام المكثفات
7. حساب قيمة المكثف المطلوبة لتحسين عامل القدرة إلى قيمة مرغوبة

تعريف القدرة في دوائر التيار المتردد

Power in AC Circuits

في دوائر التيار المتردد AC، تتكون القدرة الكهربائية من ثلاثة أنواع رئيسية:

- القدرة الظاهرية (Apparent Power): S مقاسة بوحدة (VA فولت-أمبير)
- القدرة الفعالة (Real / Active Power): P مقاسة بوحدة (Watt واط)
- القدرة التفاعلية (Reactive Power): Q مقاسة بوحدة (VAR فولت-أمبير تفاعلي)

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$$

القدرة الظاهرية $= \sqrt{}$ (الفعالة^2 + التفاعلية^2)

⚠ملاحظة: القدرة الظاهرية S هي القدرة الكلية التي تزودها المصدر، بينما P هي القدرة الفعلية التي يستهلكها الحمل.

تعريف عامل القدرة Power Factor

تعريف رياضي وفيزيائي

عامل القدرة (PF)هو النسبة بين القدرة الفعالة Pوالقدرة الظاهرية :S

$$PF = \cos(\theta) = P / S = P / \sqrt{(P^2 + Q^2)}$$

من الناحية الفيزيائية :عامل القدرة هو جيب تمام زاوية الطور θبين الجهد والتيار:

$$PF = \cos(\theta) = \cos(\varphi v - \varphi i)$$

- قيمة PFتتراوح بين 0و 1 $(0 \le PF \le 1)$
- عند :1 = PFالدائرة مقاومة بحتة)لا يوجد قدرة تفاعلية(
- عند :0 = PFالقدرة كلها تفاعلية)لا يوجد قدرة فعالة(
- PFيحدد كفاءة استخدام القدرة الكهربائية

مثلث القدرة Power Triangle

التمثيل الهندسي للقدرات الثلاث

مثلث القدرة هو تمثيل هندسي يوضح العلاقة بين القدرات الثلاث في دوائر AC:

- الضلع الأفقي] القدرة الفعالة: $P = S \times \cos(\theta)$
- الضلع الرأسي] القدرة التفاعلية: $Q = S \times \sin(\theta)$
- الوتر] القدرة الظاهرية: $S = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$
- الزاوية θ: زاوية الطور بين الجهد والتيار



$$\tan(\theta) = Q / P \quad | \quad \sin(\theta) = Q / S \quad | \quad \cos(\theta) = P / S = PF$$

أنواع عامل القدرة

Lagging vs Leading Power Factor

1.عامل القدرة المتأخر Lagging PF

- يحدث في الأحمال الحثية (Inductive Loads)
- مثال :المحركات الكهربائية، المحولات، اللفات
- التيار يتأخر عن الجهد (Current Lags Voltage)
- زاوية الطور θموجبة (θ > 0)
- القدرة التفاعلية Qموجبة (+Q)

2.عامل القدرة المتقدم Leading PF

- يحدث في الأحمال السعوية (Capacitive Loads)
- مثال :المكثفات، بعض الأحمال الإلكترونية
- التيار يسبق الجهد (Current Leads Voltage)
- زاوية الطور θسالبة (θ < 0)
- القدرة التفاعلية Qسالبة (-Q)

ملاحظة مهمة :معظم الأحمال في الصناعة هي حثية (Lagging)، لذلك يكون عامل القدرة عادةً متأخراً .تحسين عامل القدرة يعني عادةً تحويله من Laggingإلى قيمة أقرب إلى الوحدة.

التمثيل الزمني -عامل القدرة المتأخر Lagging

الحمل الحثي :التيار يتأخر عن الجهد

في الحمل الحثي)مثل المحرك(، يتأخر التيار i(t)عن الجهد v(t)بزاوية θ:

- الحمل :ملفات - (L)محركات -محولات
- زاوية الطور) θ = +ve :موجبة(
- عامل القدرة) PF = cos(θ) :موجب(
- القدرة التفاعلية) Q = +ve :استهلاك (VAR
- الدائرة تستهلك قدرة تفاعلية حثية

للحمل الحثي = PF = cos(θ) | θ = arctan(XL/R) | Z = R + jXL :
R/|Z|

التمثيل الزمني -عامل القدرة المتقدم Leading

الحمل السعوي :التيار يسبق الجهد

في الحمل السعوي)مثل المكثف(، يسبق التيار i(t)الجهد v(t)بزاوية :θ

- الحمل :مكثفات - (C)بعض الأحمال الإلكترونية
  - زاوية الطور) θ = -ve :سالبة(
  - عامل القدرة) PF = cos(θ) :موجب(
  - القدرة التفاعلية) Q = -ve :توليد (VAR
  - الدائرة تولد قدرة تفاعلية سعوية

للحمل السعوي = PF = cos(θ) | θ = -arctan(XC/R) | Z = R - jXC :
R/|Z|

أهمية عامل القدرة في الأنظمة الكهربائية

لماذا نهتم بتحسين PF؟

1. تقليل تيار الخط :عند PFمنخفض، يزداد التيار المطلوب لنفس القدرة الفعالة $\rightarrow I = P / (V \times PF)$
2. تقليل فقد الطاقة :الفقد في الخطوط $\propto I^2R$، فتقليل التيار يقلل الفقد بشكل كبير
3. تقليل سعة المعدات :المحولات والكابلات تحتاج لسعة أقل عند PFمرتفع
4. تقليل تكاليف التشغيل :شركات الكهرباء تفرض غرامات على PFالمنخفض
5. تحسين كفاءة النظام :استخدام أفضل للقدرة المولدة
6. تقليل هبوط الجهد :التيار المنخفض يعني هبوط جهد أقل في الخطوط

● في الصناعة :غالباً ما يُطلب ($PF \geq 0.9$ أو 0.85كحد أدنى (لتجنب الغرامات.

Power Factor Correction تحسين عامل القدرة

Power Factor Improvement Methods

تحسين عامل القدرة يعني رفعه إلى قيمة أقرب إلى الوحدة)عادةً 0.9أو أعلى:(

1. إضافة مكثفات على التوازي مع الحمل الحثي)الطريقة الأكثر شيوعاً(
2. استخدام محركات متزامنة (Synchronous Motors)تعمل كمكثفات
3. استخدام مفاتيح سعة ثابتة أو متغيرة (Static VAR Compensators)
4. تقليل الأحمال الخاوية (No-load)للمحركات

مبدأ عمل المكثف في تحسين PF:

الحمل الحثي يستهلك قدرة تفاعلية حثية (+QL)

المكثف ينتج قدرة تفاعلية سعوية (-QC)

عند توصيلهما معاً) Qtotal = QL - QC :تقليل القدرة التفاعلية الصافية(

هذا يقلل زاوية الطور θ → يرفع PF = cos(θ)

حساب قيمة المكثف المطلوبة

Capacitor Sizing for Power Factor Correction

لحساب قيمة المكثف C المطلوبة لتحسين PF من $\cos(\theta_1)$ إلى $\cos(\theta_2)$:

القدرة التفاعلية المطلوبة من المكثف:

$$QC = P \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

حيث:

θ_1 = الزاوية الأصلية (قبل التحسين)

θ_2 = الزاوية المطلوبة (بعد التحسين)

P = القدرة الفعالة (ثابتة)

من $QC = V^2 / XC = V^2 \times 2\pi f \times C$، نحصل على قيمة السعة:

$$\mathbf{C = QC / (V^2 \times 2\pi f) = P \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) / (V^2 \times 2\pi f)}$$

📌ملاحظة V: هي جهد التوصيل (Line Voltage)، و f هي تردد المصدر (50Hz أو 60Hz).

ملخص الصيغ الأساسية

Summary of Key Formulas

1	القدرة الظاهرية	$S = V \times I = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$ [VA]
2	القدرة الفعالة	$P = V \times I \times \cos(\theta) = S \times PF$ [Watt]
3	القدرة التفاعلية	$Q = V \times I \times \sin(\theta) = S \times \sin(\theta)$ [VAR]
4	عامل القدرة	$PF = \cos(\theta) = P / S = R / \lvert Z \rvert$
5	الزاوية	$\theta = \arccos(PF) = \arctan(Q/P)$
6	القدرة التفاعلية للمكثف	$QC = P \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$
7	سعة المكثف	$C = QC / (V^2 \times 2\pi f)$
8	القدرة بعد التحسين	$S_2 = P / PF_2$ (تقليل القدرة الظاهرية)

المثال الأول

حساب عامل القدرة والقدرات لحمل حثي

المعطيات:

- جهد المصدر $V = 220\ V\ (rms)$:
- تردد $f = 50\ Hz$:
- مقاومة الحمل $R = 10\ \Omega$:
- محاثة الحمل $L = 0.05\ H$:
- **الحل:**

الحمل متصل على التوالي RL

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 0.05 = 15.71\ \Omega$$

$$|Z| = \sqrt{(R^2 + X_L^2)} = \sqrt{(10^2 + 15.71^2)} = \sqrt{(100 + 246.8)} = \sqrt{346.8} = 18.62\ \Omega$$

$$I = V / |Z| = 220 / 18.62 = 11.82\ A$$

$$PF = \cos(\theta) = R / |Z| = 10 / 18.62 = 0.537\ (Lagging)$$

المثال الأول

حساب عامل القدرة والقدرات لحمل حثي

المعطيات:

- جهد المصدر $V = 220\ V\ (rms)$:
- تردد $f = 50\ Hz$:
- مقاومة الحمل $R = 10\ \Omega$:
- محاثة الحمل $L = 0.05\ H$:
- الحمل متصل على التوالي RL

الحل:

$$XL = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 0.05 = 15.71\ \Omega$$

$$|Z| = \sqrt{(R^2 + XL^2)} = \sqrt{(10^2 + 15.71^2)} = 18.62\ \Omega$$

$$I = V / |Z| = 220 / 18.62 = 11.82\ A$$

$$PF = \cos(\theta) = R / |Z| = 10 / 18.62 = 0.537\ (Lagging)$$

$$\theta = \arccos(0.537) = 57.5°$$

$$P = V \times I \times PF = 220 \times 11.82 \times 0.537 = 1396\ W$$

$$Q = V \times I \times \sin(\theta) = 220 \times 11.82 \times 0.843 = 2192\ VAR$$

$$S = V \times I = 220 \times 11.82 = 2600\ VA$$

النتيجة: $PF = 0.537\ Lagging \mid \theta = 57.5° \mid P = 1.4\ kW \mid Q = 2.19\ kVAR \mid S = 2.6\ kVA$

المثال الثاني

تحسين عامل القدرة باستخدام مكثف

المعطيات:

- حمل صناعي $P = 50\ kW$:
- جهد التشغيل $V = 400\ V$:ثلاثي الطور، (Line-to-Line)
- التردد $f = 50\ Hz$:
- عامل القدرة الحالي $PF_1 = 0.7$ Lagging :
- المطلوب :رفع PF إلى $PF_2 = 0.95$ Lagging

الحل:

$$\theta_1 = \arccos(0.7) = 45.57° \rightarrow \tan(\theta_1) = 1.02$$

$$\theta_2 = \arccos(0.95) = 18.19° \rightarrow \tan(\theta_2) = 0.329$$

$$QC = P \times (\tan\theta_1 - \tan\theta_2) = 50{,}000 \times (1.02 - 0.329) = 50{,}000 \times 0.691 = 34{,}550\ VAR$$

$$C = QC / (V^2 \times 2\pi f) = 34{,}550 / (400^2 \times 2\pi \times 50) = 34{,}550 / (160{,}000 \times 314.16)$$

$$C = 34{,}550 / 50{,}265{,}600 = 687 \times 10^{-6}\ F = 687\ \mu F$$

النتيجة) $C \approx 687\ \mu F$:لكل طور $QC = 34.55\ kVAR$ |)

ملاحظات مهمة

Important Notes on Power Factor

1. عامل القدرة المتأخر :Laggingيحدث في الأحمال الحثية - (L)التيار يتأخر عن الجهد
2. عامل القدرة المتقدم :Leadingيحدث في الأحمال السعوية - (C)التيار يسبق الجهد
3. لا يمكن أن يكون :1 < PFالقيمة القصوى هي الوحدة (1)عندما تكون الدائرة مقاومة بحتة
4. القدرة الفعالة Pثابتة :عند تحسين PF، تقل القدرة الظاهرية Sوالتيار Iفقط
5. تحسين PFيقلل الفقد :الفقد في الخطوط $I^2R \propto$، وتقليل Iيقلل الفقد بشكل كبير
6. المكثف على التوازي :يُوصل المكثف على التوازي مع الحمل)وليس على التوالي (لتجنب تغيير جهد الحمل
7. التحسين الزائد :Over-correctionإذا أضفت مكثفاً كبيراً جداً، قد يصبح PF Leadingوهذا غير مرغوب
8. التحسين المثالي :عادةً يستهدف PF = 0.9إلى 0.95، ونادراً ما يُستهدف PF = 1

ملخص المحاضرة Summary

1	عامل القدرة PF	$PF = \cos(\theta) = P/S \mid 0 \le PF \le 1$
2	Lagging PF	حمل حثي :التيار يتأخر عن الجهد Q = +ve |
3	Leading PF	حمل سعوي :التيار يسبق الجهد Q = -ve |
4	مثلث القدرة	$S^2 = P^2 + Q^2 \mid \tan(\theta) = Q/P$
5	تحسين PF	إضافة مكثفات على التوازي مع الحمل الحثي
6	سعة المكثف	$C = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) / (V^2 \times 2\pi f)$
7	الفائدة	تقليل التيار والفقد وتحسين كفاءة النظام

الواجب المنزلي -الأول

Homework 1: حساب عامل القدرة

المعطيات:

- جهد المصدر $V = 230\ V\ (rms) \mid f = 50\ Hz$:
- حمل متصل على التوالي يتكون من $R = 15\ \Omega$ و: $L = 0.08\ H$
- المطلوب:
- أ /احسب المعاوقة الكلية $|Z|$ والتيار I
- ب /احسب عامل القدرة PF وزاوية الطور θ
- ج /احسب القدرة الفعالة P والتفاعلية Q والظاهرية S
- د /ارسم مثلث القدرة Power Triangle
- هـ /إذا أردنا رفع PF إلى 0.95 Lagging، احسب قيمة المكثف C المطلوبة

Hint: $X_L = 2\pi fL \mid |Z| = \sqrt{(R^2 + X_L^2)} \mid C = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)/(V^2 \times 2\pi f)$

الواجب المنزلي -الثاني

Homework 2: تحليل دائرة متكاملة

المعطيات:

- دائرة تحتوي على مقاومة $R = 20\ \Omega$ على التوازي مع ملف $L = 0.1\ H$
- جهد المصدر $V = 120\ V \mid f = 60\ Hz$:
- المطلوب:
- أ /احسب التيار في كل فرع (IR و IL) والتيار الكلي IT
- ب /احسب زاوية الطور θ لكل فرع وللتيار الكلي
- ج /احسب عامل القدرة الكلي للدائرة
- د /احسب القدرات P و Q و S للدائرة الكلية
- هـ /لتحسين PF إلى الوحدة (Unity)، احسب قيمة المكثف C المطلوب توصيله على التوازي
- و /ارسم مخطط الموجات الزمنية للجهد والتيار الكلي قبل وبعد التحسين

⚠ تنبيه :في الدائرة المتوازية، استخدم الطريقة الحسابية للتيارات وليس للمعاوقات.

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

السؤال الأول) :ب$Vrms = Vm / \sqrt{2}$)

السؤال الثاني) :ب$\omega = 2\pi f$)

مرجعية الحل :الشرائح المتعلقة بإجابات الاختبار البعدي)الواجبان 1و (2لهذه المحاضرة

HW1 (أ،ب،ج،د)	صيغة PFومثلث القدرة)الشرائح 4، + (5دائرة توالي RLمطابقة تماماً ـــالمثال الأول
HW1 (هـ)	صيغة سعة المكثف + $C=P(\tan\theta1-\tan\theta2)/(V^2\times2\pi f)$مثال محلول مطابق تماماً ـــالمثال الثاني
HW2 (كاملاً)	نفس صيغ PFومثلث القدرة وسعة المكثف تنطبق على الدائرة المتوازية أيضاً؛ لا يوجد مثال متوازٍ محلول في هذه المحاضرة تحديداً ـــاستعيني بحساب فروع التيار من محاضرة KCL/مقسم التيار

المحاضرة 29 و 30

AC Transformations

تحويلات التيار المتردد

الدوائر الكهربائية | قسم الاتصالات والأمن السيبراني | المرحلة الأولى

م.م .سرى سلام كمال الدين

اختبار قبلي – Power Factor

عن المحاضرة السابقة :عامل القدرة في دوائر AC

1 **عامل القدرة PFيُحسب بالعلاقة:**

ج) PF = Q/S

ب) PF = cos(θ) = P/S

أ) PF = P × S

2 **الحمل الحثي (Inductive Load)يعطي عامل قدرة من نوع:**

ج) وحدة (Unity)

ب) متقدم (Leading)

أ) متأخر (Lagging)

مقدمة – Introduction

ما الهدف من تحويلات AC؟

في دوائر التيار المتردد (AC)، نريد إيجاد التيار والفولتية والقدرة باستخدام نفس القوانين التي تعلّمناها في DC مثل :قانون أوم، KVL، KCL، تحليل العُقد، مبرهنة ثيفينين...

لكن للقيام بذلك يجب أولاً تحويل الدائرة AC من نطاق الزمن إلى نطاق الوتر:

① AC Source	② Resistance (R)	③ Inductance (L)	④ Capacitance (C)
تحويل المصدر	تبقى كما هي	تُحوَّل إلى X_L	تُحوَّل إلى X_C

بعد التحويل، تُعامَل الدائرة كأنها DC وتُحلّ بنفس الطرق المعتادة.

t-domain ⟶ phasor domain

– AC Source ① مصدر التيار المتردد

في نطاق الوتر (phasor domain):	في نطاق الزمن (t–domain):
$\dot{I} = I_{r.m.s} \angle\varphi \ (A)$	$i(t) = i_m \cdot \sin(\omega t \pm \varphi) \ (A)$
$V = V_{r.m.s} \angle\varphi \ (V)$	$v(t) = V_m \cdot \sin(\omega t \pm \varphi) \ (V)$

حيث:

$$V_{r.m.s} = V_m / \sqrt{2} \quad (V)$$

$$I_{r.m.s} = i_m / \sqrt{2} \quad (A)$$

أي: القيمة الفعّالة = القيمة العظمى \ $\sqrt{2}$

ملاحظة :عند التحويل من (t–domain) إلى (phasor domain)، الزاوية φ تبقى كما هي، وتتغيّر القيمة من i_m إلى $i_{r.m.s}$ فقط.

م.م .سرى سلام كمال الدين

مثال – AC Source Conversion

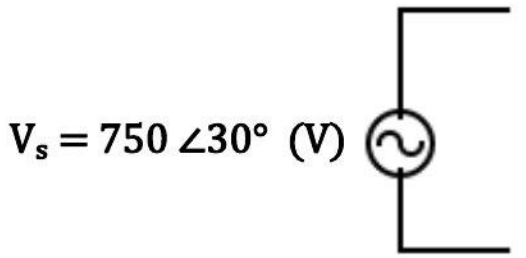
Ex. If $V_s(t) = 750\sqrt{2} \cdot \text{Sin}(5000t + 30°)$, find V_s in phasor domain.

الحل (Sol.)

1 $V_s = V_{r.m.s} \angle\varphi$ نطبّق صيغة التحويل:

2 $V_s = V_m / \sqrt{2} \angle\varphi = 750\sqrt{2} / \sqrt{2} \angle 30°$ نعوّض:

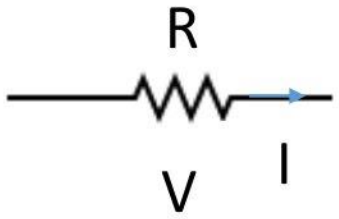
3 $\mathbf{V_s = 750 \angle 30°\ (V)}$ النتيجة:



$\therefore\ \mathbf{V_s = 750 \angle 30°\ (V)}$ ✓

م.م . سرى سلام كمال الدين

– Resistance (R) ② وحدتها (Ω)



*قيمة R تبقى كما هي ولا تخضع لأي تحويل عند حل دوائر (AC).

معادلات المقاومة:

$$V = i \times R$$

$$P = I^2_{r.m.s} \times R = V^2_{r.m.s} / R$$

نوعا القدرة في دوائر AC:

Reactive Power (Q): غير مستهلَكة في L و C وحدتها VAR

Active Power (P): في R وحدتها Watt (W) القدرة الفعّالة المستهلَكة

مثال –دائرة مقاومة AC

Ex. $V_s(t) = 120\sqrt{2}\ \mathrm{Sin}(250\pi t),\ R = 5\Omega \rightarrow$ Find: ① i(t) ② Power in R

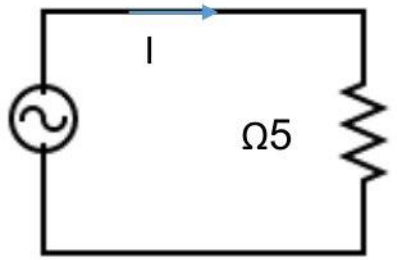
$V = (120\sqrt{2}/\sqrt{2})\ \angle 0° = 120\angle 0°\ (V)$ تحويل المصدر

$i = V / R = 120\angle 0° / 5$ قانون أوم

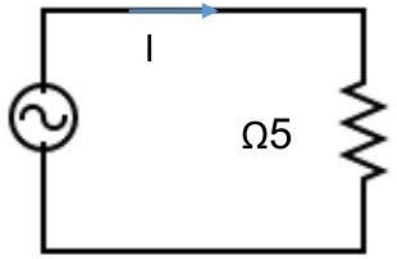
$\therefore\ i = 24\ \angle 0°\ A$ phasor domain

$i(t) = (\sqrt{2} \times 24) \cdot \mathrm{Sin}(250\pi t)\ A$ t-domain

$P = I^2 r.m.s \times R = (24)^2 \times 5 = 2880\ W$ القدرة



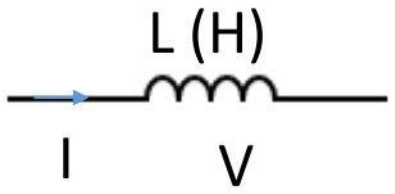
$)V_s(t) = 120\sqrt{2}\ \mathrm{Sin}(250\pi t$



$V_s = 120\angle 0°\ (V)$

م.م . سرى سلام كمال الدين

– Inductance (L) ③ وحدتها (H)



الاشتقاق:

$$V_L = L \cdot di/dt \ , \ i = i_m \, Sin(\omega t)$$

$$\therefore \ V_L = L \cdot i_m \cdot \omega \cdot Cos(\omega t) = i_m \cdot \omega \cdot L \cdot Sin(\omega t + 90°)$$

$$\rightarrow \text{[phasor domain]: } V_L = (i_m/\sqrt{2}) \cdot J\omega L \ \angle 0°$$

في كل دائرة AC تجد فيها L بوحدة (H)، حوّلها إلى X_L بهذه المعادلة لتستخدمها في الحل:

$$\boxed{X_L = J\omega L \ \ (\Omega)}$$

خصائص الحثّ في دوائر AC:

- X_L ✦ دائماً موجبة ✦ Q في (+J) $L = I^2 r.m.s \times X_L$ (VAR) وهي دائماً موجبة

ملاحظة X_L : بوحدة أوم (Ω) وتُعامَل تماماً كمقاومة في الحسابات.

مثال –دائرة حثّ AC

Ex. $V_s(t) = 50\sqrt{2}\ \mathrm{Sin}(200t - 15°)$, $L = 50mH$ → Find: ① i ② Q in L

تحويل المصدر

$$V_s = 50\angle -15°\ \ (V)$$

تحويل $L \rightarrow X_L$

$$X_L = J\omega L = J\times 200\times 50\times 10^{-3} = J10\ \ \Omega$$

قانون أوم $(R = X_L)$

$$i = Vs/X_L = 50\angle -15° \ / \ J10$$

phasor domain

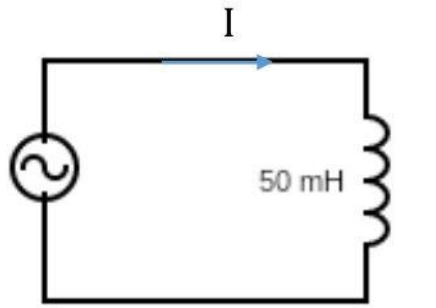
$$\therefore\ i = 5\angle -105°\ \ A$$

t-domain

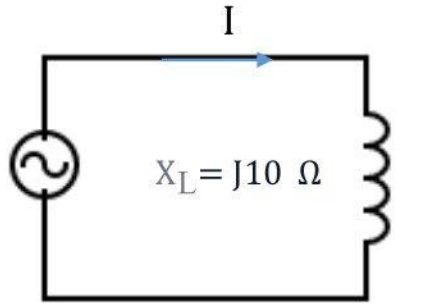
$$i(t) = 5\sqrt{2}\cdot \mathrm{Sin}(200t - 105)\ \ A$$

Q في L

$$Q = I^2 r.m.s \times X_L = (5)^2 \times 10 = 250\ VAR$$



$V_s(t) = 50\sqrt{2}\ \mathrm{Sin}(200t - 15°)$

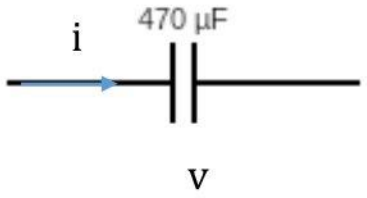


$V_s = 50\angle -15°\ \ (V)$

م.م . سرى سلام كمال الدين

④ Capacitance (C) – وحدتها (F)

الاشتقاق:



$$i = C \cdot dv/dt \ , \ V_s(t) = V_m \, Sin(\omega t)$$

$$\rightarrow \ i(t) = C \cdot V_m \cdot \omega \cdot Cos(\omega t) = C \cdot V_m \cdot \omega \cdot Sin(\omega t + 90°)$$

$$\rightarrow \ i(t) = CJ\omega \cdot V_m \cdot Sin(\omega t) \quad \therefore \ V_m = i \ / \ (J\omega C)$$

$$X_C = 1 \ / \ (J\omega C) \quad (\Omega)$$

X_C دائماً سالبة لأنها لا تحتوي على J في البسط.

خصائص السعة في دوائر AC:

- X_C دائماً سالبة
- Q دائماً سالبة $(-J)$ في (VAR) $C = I^2 r.m.s \times X_C$ وهي دائماً سالبة

ملاحظة: في الحاسبة ادخل J كـ (i) واختر إظهار النتيجة بصيغة $r\angle\varphi$ أو $a+bi$ حسب الحاجة.

مثال –دائرة سعة AC

Ex. $V_s(t) = 10\ \mathrm{Sin}(1000t),\ C = 50\mu F \rightarrow$ Find: ① i ② Q in C

تحويل المصدر

$$V = (10/\sqrt{2})\ \angle 0^\circ\ \ (V)$$

تحويل $C \rightarrow X_C$

$$X_C = 1/(J\times 1000\times 50\times 10^{-6}) = -J20\ \ \Omega$$

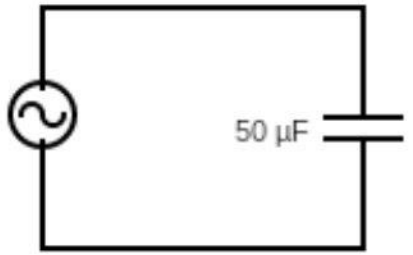
قانون أوم

$$i = Vs/X_C = (10/\sqrt{2})\angle 0^\circ\ /\ (-J20)$$

$\therefore\ i = 0.354\ \angle 90^\circ\ A$ phasor domain

$i(t) = 0.354\sqrt{2}\cdot \mathrm{Sin}(1000t + 90)\ A$ t-domain

$Q = (0.354)^2 \times (-20) = -2.5\ VAR$ Q في C



$V_s(t) = 10\ \mathrm{Sin}(1000t)$

لاحظ Q في L موجبة دائماً، و Q في C سالبة دائماً.

م.م . سرى سلام كمال الدين

المماثلة الكلية (Z) Total Impedance –

عندما تحتوي الدائرة على R و L و C معاً، يجب أولاً تحويل كل عنصر، ثم حساب الممانعة الكلية:

$$Z = R + (X_L + X_C) \quad (\Omega)$$

$X_C = 1/J\omega C \ (\Omega)$	$X_L = J\omega L \ (\Omega)$	$R \ (\Omega)$
دائماً سالبة	دائماً موجبة	تبقى كما هي
$-J$	$+J$	لا تتغيّر

بعد حساب Z، نطبّق قانون أوم للحصول على التيار:

$$i = Vs / Z$$

النتيجة تكون بصيغة $r\angle\varphi$ قيمة وزاوية، ثم نحوّلها إلى t-domain للحصول على i(t).

مثال RLC–دائرة

Ex. $V_s(t) = 500\,\mathrm{Sin}(5000t + 60°),\ R = 50\Omega,\ L = 32\mathrm{mH},\ C = 5\mu F \rightarrow$ Find $i(t)$

تحويل المصدر

$$Vs = (500/\sqrt{2})\ \angle 60°\ V$$

X_L

$$X_L = J{\times}5000{\times}32{\times}10^{-3} = J160\ \Omega$$

X_C

$$X_C = 1/(J{\times}5000{\times}5{\times}10^{-6}) = -J40\ \Omega$$

المماعة Z

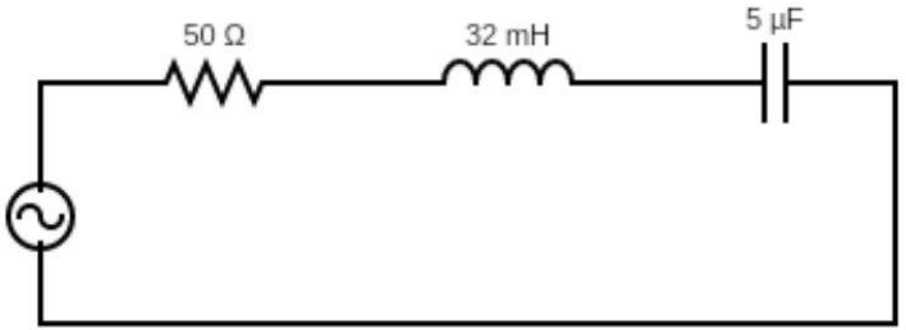
$$Z = 50 + J160 + (-J40) = 50 + J120\ \Omega$$

التيار i

$$i = Vs/Z = (500/\sqrt{2})\angle 60° / (50+J120)$$

النتيجة

$$\mathbf{i(t) = 2.719\sqrt{2} \cdot \mathrm{Sin}(5000t - 7.38)\ A}$$



$V_s(t) = 500\,\mathrm{Sin}(5000t + 60°),$

م.م . سرى سلام كمال الدين

– Active & Reactive Power القدرة الفعّالة والرجعية

$$Z\ (\text{impedance}) = R + J(\omega L - 1/\omega C) \quad (\Omega)$$

$$S = P + JQ \quad (VA)$$

S Apparent Power وحدتها VA	**P** Active Power (in R) وحدتها W	**Q** Reactive Power (in L, C) وحدتها VAR

ثلاث طرق لحساب S:

① الطريقة الأولى

$$P = I^2 \cdot R \ , \ Q = I^2 \cdot X_t$$

② الطريقة الثانية

$$P = VI \cdot \text{Cos}(\theta_v - \theta_i) \ , \ Q = VI \cdot \text{Sin}(\theta_v - \theta_i)$$

③ الطريقة الثالثة

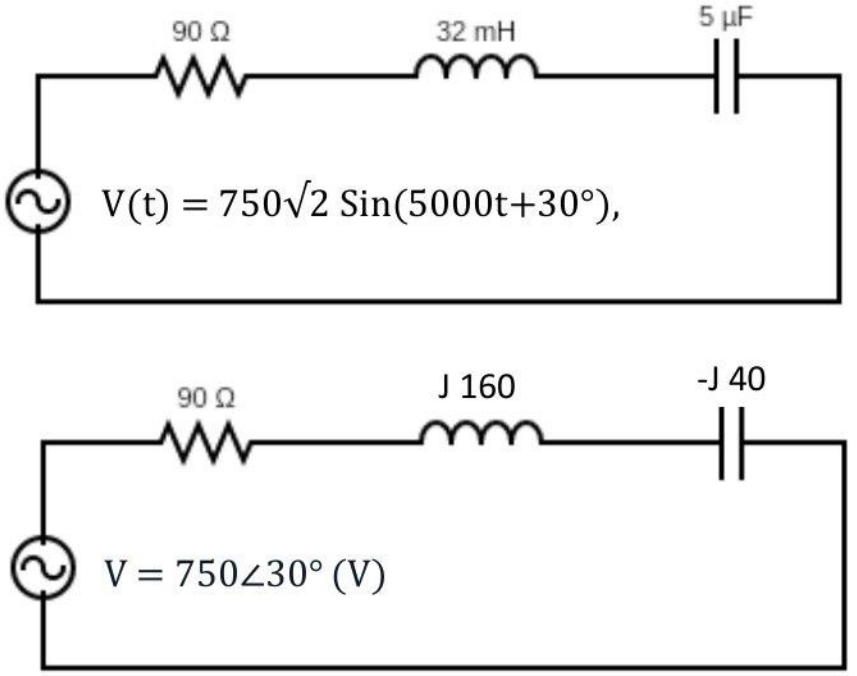
$$S = V \times I^*$$

م.م .سرى سلام كمال الدين

مثال شامل Power –في دائرة RLC

Ex. $V(t) = 750\sqrt{2}\ \mathrm{Sin}(5000t+30°)$, $R=90\Omega$, $L=32mH$, $C=5\mu F$ → Find: ① i(t) ② S

① إيجاد $\mathbf{i(t)}$



$V = 750\angle 30°\ (V)\ ,\ X_L = J160\ \Omega\ ,\ X_C = -J40\ \Omega$

$Z = 90 + J160 - J40 = 90 + J120\ \ \Omega$

$\mathbf{i = 750\angle 30° / (90+J120)\ =\ 5\angle -23.13°\ A}$

$\mathbf{i(t) = 5\sqrt{2}\cdot \mathrm{Sin}(5000t - 23.13)\ A}$

② إيجاد S: اختر أحد الطرق الثلاثة:

① $P = (5)^2\times 90 = 2250\ W\ ,\ Q = (5)^2\times 120 = 3000\ VAR$

② $P = 750\times 5\times \mathrm{Cos}(53.13) = 2250\ W\ ,\ Q = 750\times 5\times \mathrm{Sin}(53.13) = 3000\ VAR$

③ $S = 750\angle 30° \times 5\angle +23.13° = 3750\angle 53.13° = 2250+J3000$

$\therefore\ \mathbf{S = 2250 + J3000\ VA}$ ✓

م.م . سرى سلام كمال الدين

ملخّص المحاضرة

AC Transformations – Summary

العنصر	t-domain → phasor	ملاحظة
AC Source مصدر AC	$V/I_r.m.s \angle\varphi$	$V_m/\sqrt{2} \angle\varphi$
Resistance (R) المقاومة	$R\ (\Omega)$	لا تتغيّر
Inductance (L) الحثّ	$X_L = J\omega L\ (\Omega)$	دائماً $+J$
Capacitance (C) السعة	$X_C = 1/J\omega C\ (\Omega)$	دائماً $-J$
Impedance (Z) الممانعة	$Z = R + (X_L + X_C)$	$i = V_S/Z$

Homework – واجب

للدائرة المُعطاة (توالي R-L-C): $V(t) = 100\sqrt{2}\,Sin(1000t)$ V، $R = 30\ \Omega$، $L = 40$ mH، $C = 25\ \mu F$

أ (حوّل مصدر الجهد إلى المجال الطوري (Phasor)، ثم أوجد المعاوقة الكلية Z.

ب (أوجد التيار المار بالدائرة I طوري)، ثم اكتب i(t) في المجال الزمني.

ج (أوجد القدرة الفعالة P والتفاعلية Q والظاهرية S، وبيّن نوع الحمل متأخر/متقدم/متزن).

تلميح: $XL = j\omega L$، $XC = 1/(j\omega C)$

مفتاح الإجابات

إجابات الاختبار القبلي

الأول) :ب | PF=cos(θ)=P/S (الثاني) :أ (متأخر Lagging

مرجعية حل واجب (AC Transformationsالشريحة الجديدة المُنشأة أعلاه)

صيغ تحويل مصدر الجهد إلى المجال الطوري (Vr.m.s ∠φ)	الشريحة 3
أمثلة Rو Lو Cمنفردة ـــنفس أسلوب حساب i(t)بالضبط	الشرائح 6–10
مثال شامل لدائرة RLCمتكاملة ـــمطابق تماماً لبنية سؤال الواجب	الشريحة 14
جدول تحويل Z=R+j(XL+XC)الملخّص لكل العناصر	الشريحة 15

الحل الكامل)لمرجعيتك كمُدرِّسة:(

حمل متزن تماماً (PF=1) — S=333.3VA، Q=0VAR، P=333.3W | i(t)=4.714 sin(1000t) A ← I=3.333∠0°A | Z=30+j0=30∠0°Ω (رنين!) ← XC=−j40Ω، XL=j40Ω

م.م .سرى سلام كمال الدين

الاتصالات والأمن السيبراني

هل لديك أي استفسار؟

نأمل أن تكون هذه الحقيبة الأكاديمية دليلاً شاملاً وتأسيسياً متميزاً لكم في عالم الدوائر الكهربائية والإلكترونية.

الأستاذ: م.م. سرى سلام كمال الدين

المعهد التقني - نجف