

# ***ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ***

- 1. Загальні положення*
- 2. Основні елементи і параметри лінійних електричних кіл постійного струму*
- 3. Схеми з'єднань елементів електричних кіл та їх аналіз*
- 4. Закони Ома та Кірхгофа*
- 5. Методи розрахунку електричних кіл постійного струму*

# ***1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ***

Електричний струм, який не міняє своєї величини і напрямку називається *постійним*.

**Умови** необхідні для існування електричного струму:

- наявність вільних заряджених частинок,
- наявність електричного поля, що діє на заряджені частинки із силою , яка створює й підтримує їхній упорядкований рух,
- замкнутість електричного кола.

## Дії електричного струму:

- провідник, по якому тече струм, нагрівається,
- електричний струм може змінити хімічний склад провідника,
- струм проявляє силову дію на сусідні струми та намагнічені тіла.

Кількісною характеристикою електричного струму є **сила струму** – це скалярна алгебраїчна фізична величина, яка являє собою швидкість зміни електричного заряду через поперечний переріз провідника:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Так як струм провідності є скалярною алгебраїчною величиною його напрямую надають *позитивний* чи *негативний* знак.

За *позитивний* вважають напрям, який збігається з напрямом переміщення позитивних зарядів, що беруть участь в створенні струму провідності.

У металевих провідниках *струм провідності* являє собою упорядкований рух електронів, який завжди спрямований проти додатного напрямую струму.

Додатний напрям струму для розрахунків вибирають довільно, вказуючи його стрілкою. Якщо в результаті розрахунку струму, виконаного за умови вибраного додатного напрямку, одержують  $I > 0$ , то це означає, що його напрям співпадає з вибраним додатним напрямом. У протилежному випадку, якщо струм від'ємний ( $I < 0$ ), він направлений у протилежну сторону.

## ***2. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ І ПАРАМЕТРИ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ***



Сукупність пристроїв, які створюють шляхи для електричного струму називають *електричним колом*.

**До складу електричних кіл входять:**

1. джерела енергії
2. провідники
3. споживачі
4. допоміжні пристрої

Електричні кола, у яких електрорушійні сили (ЕРС), струми та напруги не змінюються у часі, називають колами постійного струму.

В електротехнічній літературі прийнято ЕРС, електричні струми  $I$ , напруги  $U$  та інші фізичні величини, які характеризують електричне коло постійного струму, позначати великими літерами латинського алфавіту.

В залежності від структури електричні кола поділяються на два види: розгалужені та нерозгалужені.

***Нерозгалуженим*** колом називається таке електричне коло, розрахункова схема якого складається із одного замкненого контуру, що являє собою одну замкнену вітку, яка містить послідовно з'єднані джерела електричної енергії та споживачів.

Таким чином, нерозгалужене коло містить тільки два структурних елементи: контур та вітку, яка його утворює.

***Розгалуженим*** колом називається електричне коло, що містить усі структурні елементи, кількість яких складає:

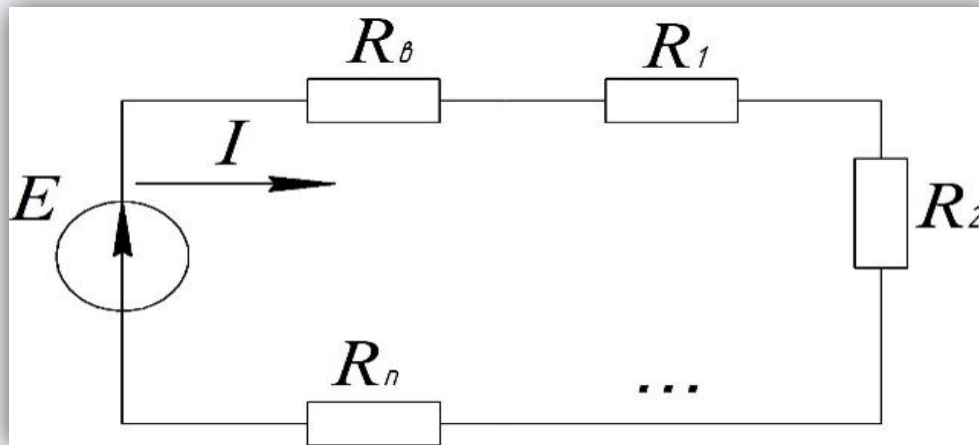
- 1) віток – не менше трьох;
- 2) контурів – також не менше трьох;
- 3) вузлів – не менше двох.

*Нерозгалужені* електричні кола являють собою схеми тільки *послідовного з'єднання* елементів.

*Розгалужені* кола являють собою схеми *паралельного та змішаного з'єднання* елементів.

**3. СХЕМИ З'ЄДНАНЬ  
ЕЛЕМЕНТІВ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ТА  
ЇХ АНАЛІЗ**

**Послідовним** називається таке з'єднання елементів ділянки нерозгалуженого кола, при якому всі елементи поєднані так, що ділянка кола не має жодного вузла. При послідовному з'єднанні елементів **сила струму**, що протікає через них, **однакова**.



Згідно закону Ома спад напруги на всіх опорах кола дорівнює:

$$IR_{екв} = IR_{\epsilon} + IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n$$

Тоді, поділивши обидві частини на , отримаємо вираз для еквівалентного опору:

$$R_{екв} = R_{\epsilon} + R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

- де  $R_{екв}$  – еквівалентний опір кола, Ом;  $R_{\epsilon}$  – внутрішній опір джерела ЕРС, Ом;  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , – опори елементів кола, Ом.

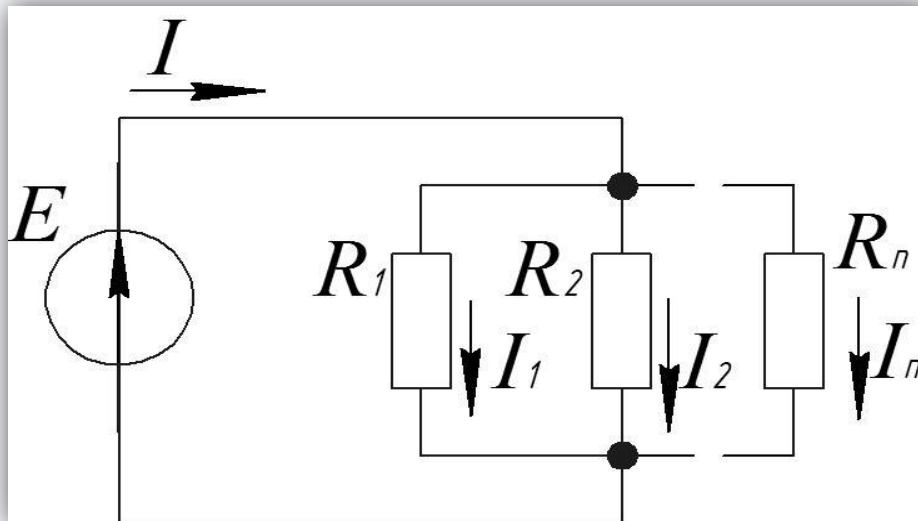
При цьому опір проводів, як правило, вважається незначним, хоча в деяких випадках він теж враховується, як:

$$R_{\Lambda} = \frac{l}{\gamma S}$$

- де  $l$  – довжина проводів,  $м$ ;  $\gamma$  – питома провідність матеріалу, з якого виконано провід,  $1/(Ом \cdot м)$ ;  $S$  – площа поперечного перерізу проводів.

Таким чином, *еквівалентний опір послідовно з'єднаних елементів дорівнює сумі опорів цих елементів, до яких, в окремих випадках, відносять і опір з'єднуючих проводів.*

*Паралельним з'єднанням опорів називається таке з'єднання, при якому до двох вузлів електричного кола приєднано декілька опорів окремих віток. Таких з'єднань в електричному колі може бути декілька. При паралельному з'єднанні провідників спад напруги між двома вузлами, що об'єднують елементи кола, є **однаковим.***





Згідно закону Ома величини струмів у вітках визначаються наступним чином:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = UG_1 \quad I_2 = \frac{U}{R_2} = UG_2 \quad I_n = \frac{U}{R_n} = UG_n$$

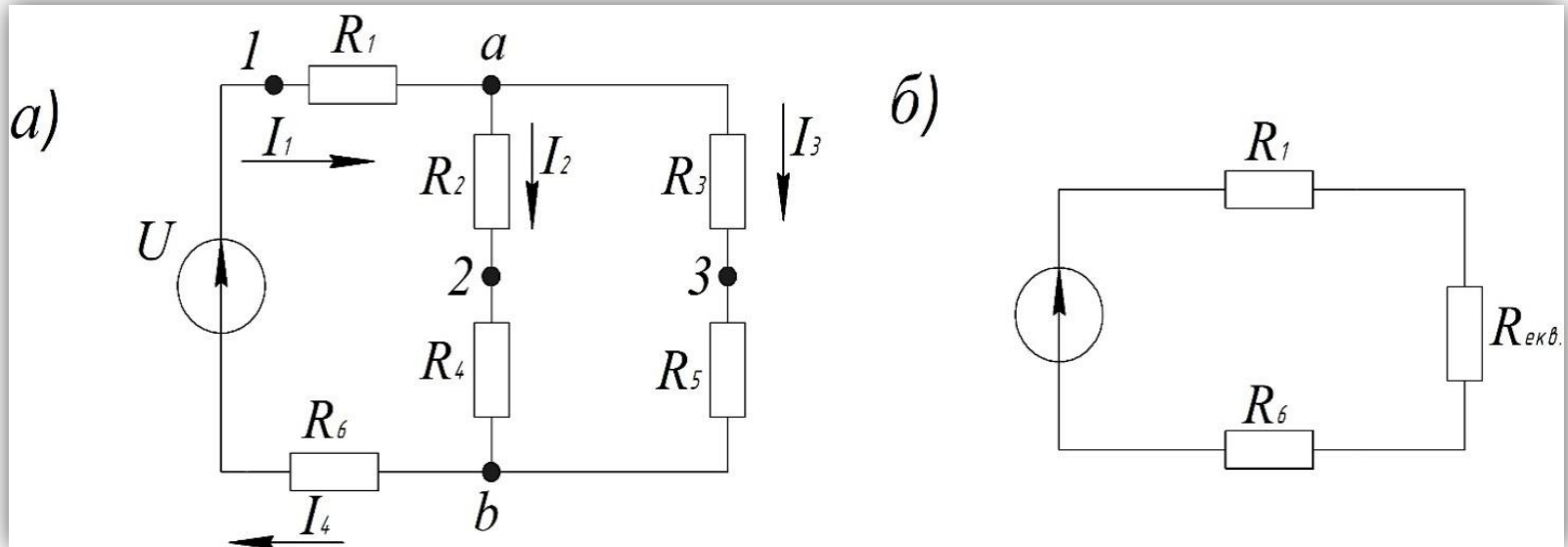
Як видно із виразів, *струми в паралельних вітках розподіляються прямо пропорційно провідностям*. Паралельно з'єднані опори можна замінити еквівалентним опором, який буде дорівнювати:

$$R_{екв} = \frac{U}{I} = \frac{U}{I_1 + I_2 + \dots + I_n} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

звідти,

$$G_{екв} = \frac{1}{R_{екв}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad G_{екв} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

Отже, *еквівалентна провідність рівна сумі провідностей паралельних віток*.



**Змішане** з'єднання опорів розгалуженого кола являє собою сполучення послідовного і паралельного з'єднання опорів.

При визначенні еквівалентного опора такого змішаного з'єднання спочатку визначають еквівалентний опір паралельного з'єднання,

$$G_{екв1} = \frac{1}{R_{екв1}} = \frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{1}{R_3 + R_5} = \frac{R_2 + R_4 + R_3 + R_5}{(R_2 + R_4)(R_3 + R_5)}$$

***Рухаємось  
вперед !***



# ***4. Закони Ома та Кірхгофа***

Закон Ома є одним з основних законів електротехніки. Він був відкритий дослідним шляхом німецьким вченим Георгом Омом у 1827 р.

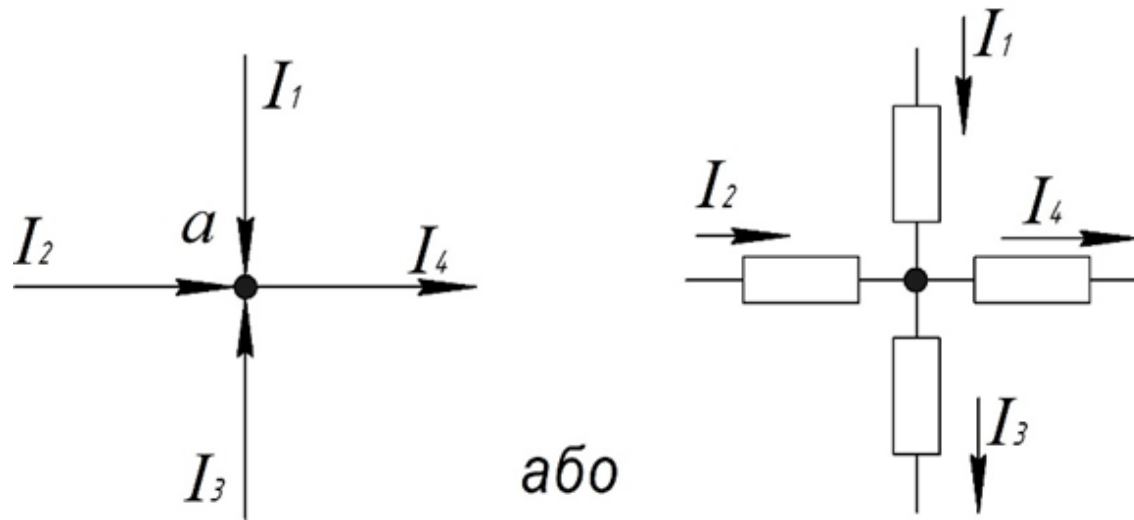
*Закон Ома для ділянки кола*, що не містить ЕРС встановлює зв'язок між струмом та напругою на цій ділянці: **величина струму на ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях цієї ділянки та обернено пропорційна її опорі :**

$$I = \frac{U}{R}$$

Для електричного кола з джерелом ЕРС, що має певний внутрішній опір і опір навантаження, закон прийме наступний вигляд:

$$I = \frac{E}{R_{\text{в}} + R_{\text{н}}}$$

*Названий на честь видатного німецького фізика Георга Симона Ома (нім. Georg Simon Ohm; 1789 - 1854), який теоретично вивів й експериментально підтвердив закон, що встановлює зв'язок між силою струму в електричному колі, напругою й опором*



**Перший закон Кірхгофа** стосується розгалужених кіл, які містять два і більше вузлів та віток. На рис. 1 надана частина розрахункової схеми, яка містить вузол.

Фізично, перший закон Кірхгофа означає, що рух зарядів в колі відбувається таким чином, що в жодному з вузлів вони не накопичуються, тобто він відображає один із фундаментальних законів електромагнітного поля – принцип безперервності електричного струму.

*Кірхгоф Густав Роберт (нім. Gustav Robert Kirchhoff; 1824 - 1887) - один з найвидатніших фізиків XIX сторіччя.*

## *Перший закон Кірхгофа:*

*1) алгебраїчна сума струмів у будь-якому вузлі дорівнює нулю.*

$$\sum_k I_k = 0$$

де  $k$  – кількість віток, що збігаються в обраному вузлі;



*2) сума струмів, що підходять до вузла дорівнює сумі струмів, що відходять від нього.*

Цей закон стосовно вузла “а” (рис. 1) виражається рівнянням:

в першому формулюванні (струми, які підходять до вузла беруться зі знаком «+», а струми, що відходить від вузла – зі

знаком «-»):

$$\sum_{k=1}^4 I_k = I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

в другому:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4$$

## Другий закон Кірхгофа:

*1) алгебраїчна сума спадів напруг на окремих ділянках (опорах) вздовж будь якого замкнутого контуру дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС, що діють в цьому контурі.*

$$\sum_{i=1}^m I_i R_i = \sum_{i=1}^n E_i$$

(у кожному з сум відповідні складові входять зі знаком плюс, якщо вони співпадають з напрямком обходу контуру, та зі знаком мінус, якщо не співпадають);

2) алгебраїчна сума напруг вздовж будь якого замкнутого контуру дорівнює нулю,

$$\sum_{i=1}^m U_i = 0$$

Другий закон Кірхгофа відображає фундаментальний закон збереження енергії, який стверджує, що в будь-якому замкнутому контурі енергія, що передається джерелами ЕРС кожному заряду, рівна роботі по переміщенню цього заряду крізь всі опори кола.

Закони Кірхгофа справедливі для лінійних та нелінійних кіл при будь якому характері зміни в часі струмів та напруг.

Ці закони були вперше встановлені та сформульовані німецьким вченим Густавом Кірхгофом у 1845 році.

Звідки:

$$R_{екв1} = \frac{(R_2 + R_4)(R_3 + R_5)}{R_2 + R_4 + R_3 + R_5}$$

Потім знаходять еквівалентний опір послідовного з'єднання:

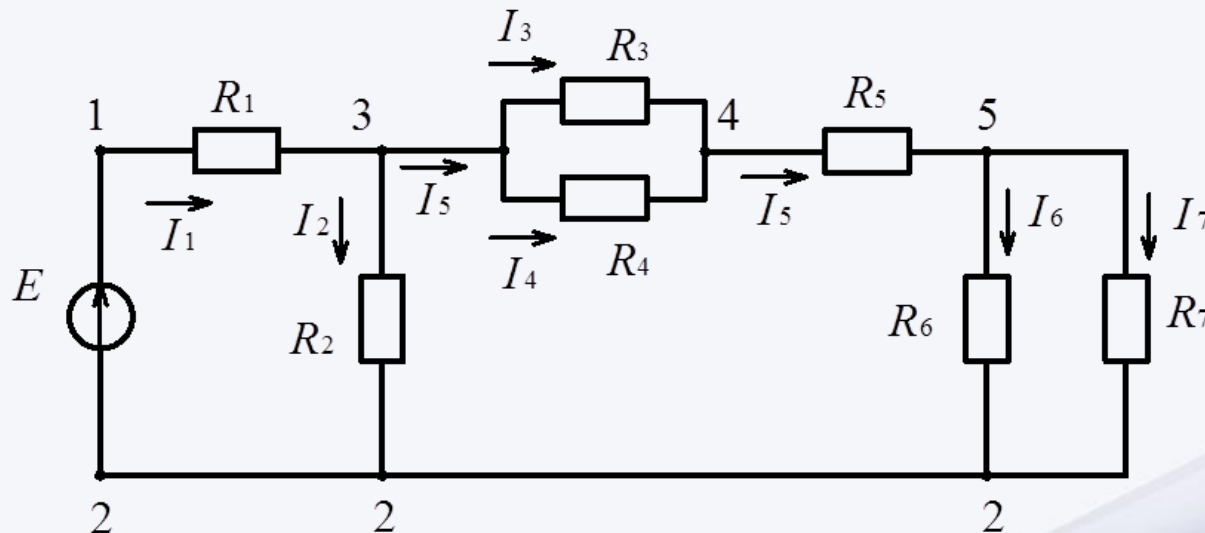
$$R_{екв} = R_1 + R_{екв1} + R_6$$

**5. МЕТОДИ  
РОЗРАХУНКУ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ  
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

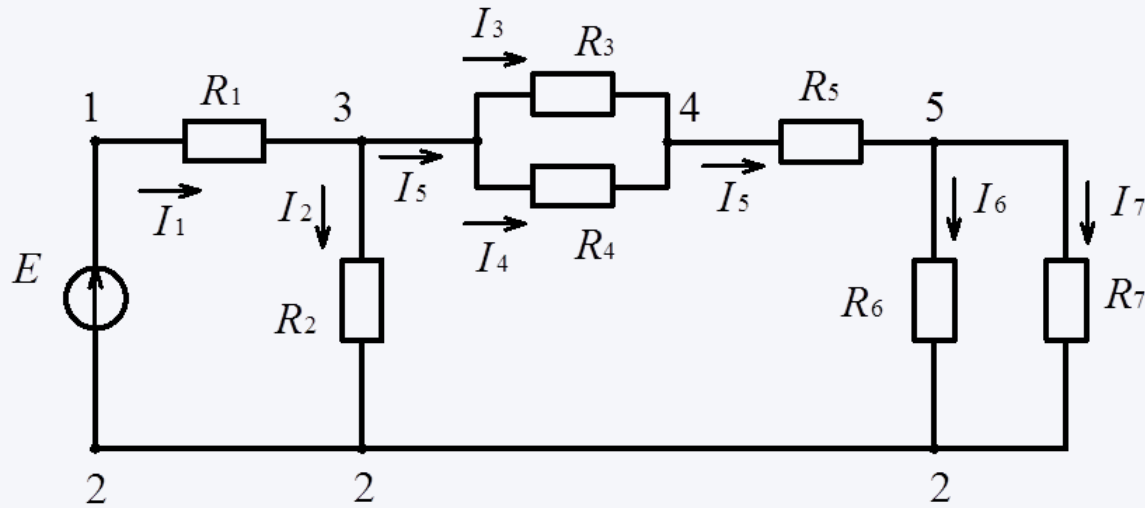
## *Метод еквівалентних перетворень*

*Перетворення електричних кіл постійного струму у сукупності з законами Ома та Кірхгофа, приводять до методу еквівалентних перетворень, який може ефективно використовуватися при аналізі відносно нескладних електричних кіл (або фрагментів електричних кіл будь-якої складності) з одним джерелом живлення.*

*Метод еквівалентних перетворень розглянемо на прикладі електричного кола, показаного на рис. 2.5.*



*Вибираємо напрямки струмів у вітках електричного кола, так як це подано на рис.*



*Еквівалентний опір електричного кола по відношенню до затискачів джерела напруги  $E=Ur$ , дорівнює:*

$$R_e = R_1 + R_{234567}$$

*На підставі закону Ома розраховуємо струм  $I_1$ :*

$$I_1 = \frac{U_{\Gamma}}{R_e}$$

*Струм  $I_2$  знаходимо за формулою розкиду струму по паралельним віткам, зважаючи на те, що опори  $R_2$ ,  $R_{34567}$  включені паралельно.*

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_{34567}}{R_2 + R_{34567}}$$



Струм  $I_5$  можна знайти за формулою розкиду струмів або за законом струмів Кірхгофа для вузла 3. Вибравши закон струмів Кірхгофа, матимемо:  $I_5 = I_1 - I_2$ . Значення струмів знаходимо за формулами розкиду струмів, а саме:

$$I_3 = I_5 \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}, \quad I_4 = I_5 \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} \quad I_6 = I_5 \cdot \frac{R_7}{R_6 + R_7}, \quad I_7 = I_5 \cdot \frac{R_6}{R_6 + R_7}$$

Для визначення струмів  $I_4$ ,  $I_7$  можна також використати рівняння, складені за законом струмів Кірхгофа для вузлів 4 та 5, а саме:

$$I_4 = I_5 - I_3, \quad I_7 = I_5 - I_6$$

Таким чином, розраховують за допомогою еквівалентних перетворень схеми та законів Ома і Кірхгофа струми у всіх вітках електричного кола постійного струму з одним джерелом живлення.

*Крім методу еквівалентних перетворень, базуючись на законах Ома і Кірхгофа можна розрахувати струми і напруги в електричних колах користуючись іншими методами, а саме:*

- методом струмів віток*
- методом контурних струмів*
- методом вузлових потенціалів*

*ДО НОВИХ ЗУСТРІЧЕЙ*

