

## § 17. ЕЛЕКТРИЧНІ НАГРІВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ. ЗАПОБІЖНИКИ



Статистика — наука безкомпромісна. Статистичні дані свідчать, що серед причин виникнення пожеж друге місце після необережного поводження з вогнем посідає загоряння проводки унаслідок короткого замикання. Про те, що таке коротке замикання і як убезпечитися від загоряння проводів, якщо замикання все ж таки відбулося, ви дізнаєтеся з цього параграфа.



### Вивчаємо електронагрівальні пристрої

Електричні нагрівальні пристрої широко застосовують у сільському господарстві (рис. 17.1), промисловості, на транспорті, у побуті. Незважаючи на зовнішнє різноманіття, усі електронагрівники, використовувані на практиці, мають деякі спільні риси.

По-перше, робота всіх електричних нагрівників *ґрунтується на тепловій дії струму*, тобто в таких пристроях енергія електричного струму перетворюється на внутрішню енергію нагрівника, який, у свою чергу, шляхом теплопередачі віддає енергію довкіллю (рис. 17.2).

По-друге, основною частиною будь-якого електронагрівника є *нагрівальний елемент* — провідник, який нагрівається при проходженні в ньому струму (рис. 17.3). Нагрівальні елементи мають витримувати нагрівання до дуже високої температури, тому їх виготовляють із *тугоплавких матеріалів, тобто з матеріалів, що мають високу температуру плавлення* (рис. 17.4). Щоб уникнути ураження струмом, нагрівальні елементи ізолюють від корпусу нагрівального пристрою.

За законом Джоуля—Ленца кількість теплоти  $Q$ , що виділяється у нагрівальному елементі, становить:  $Q = I^2 R t$ , отже, змінюючи силу струму в нагрівальному елементі, можна *регулювати температуру нагрівника* (рис. 17.5).

Підвідні проводи та нагрівальний елемент з'єднані послідовно, отже, сила струму в них є однаковою. Щоб проводи нагрівалися набагато менше, ніж нагрівальний елемент, його опір має бути в багато разів більшим за опір підвідних проводів. Тому *нагрівальні елементи найчастіше виготовляють із речовин з великим питомим опором*.



Рис. 17.1. Робота інкубаторів ґрунтується на тепловій дії струму



Рис. 17.2. Щоб збільшити тепловіддачу, поверхню обігрівача роблять ребристою, а нагрівальну поверхню електроплити виготовляють із темних металів



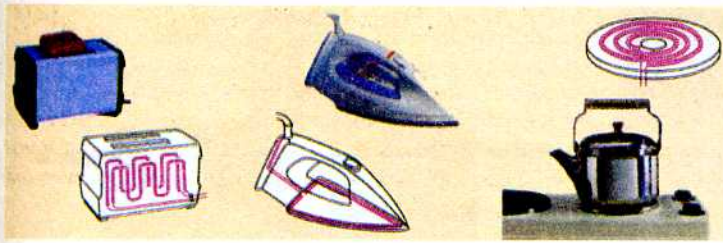


Рис. 17.3. Основна частина будь-якого електричного нагрівального пристрою — нагрівальний елемент

## 2 З'ясуємо причини різкого збільшення сили струму в колі

Опір підвідних проводів досить малий, проте в разі значного збільшення сили струму вони дуже нагріваються, і це може стати причиною пожежі.

З'ясуємо, з яких причин може різко збільшитися сила струму в електричному колі звичайної квартири. Для цього згадаємо закон Ома:  $I = \frac{U}{R}$ . Оскільки напруга в мережі є сталою, збільшення сили струму можливе тільки за умови зменшення загального опору кола. Як відомо, споживачі у квартирі з'єднані паралельно, тому, якщо увімкнути відразу кілька потужних споживачів, загальний опір кола суттєво зменшиться, відповідно сила струму в колі значно збільшиться.

Різко збільшується сила струму в колі й у випадку короткого замикання — з'єднання кінців ділянки кола провідником, опір якого дуже малий порівняно з опором цієї ділянки. Так, коротке замикання може виникнути у випадку порушення ізоляції проводів або під час ремонту елементів електричного кола, які перебувають під напругою (нагадаємо, що це є смертельно небезпечним!).

## 3 Застосовуємо запобіжники

Щоб уникнути пожежі у випадку короткого замикання або перевантаження електричного кола, а також щоб не зіпсувати споживачі електричної енергії під час небезпечного збільшення сили струму, використовують запобіжники — пристрої, які розмикають коло, якщо сила струму в ньому збільшиться понад норму (рис. 17.6–17.8).

**Увага!** Дуже небезпечно застосовувати несправні запобіжники або використовувати саморобні запобіжні пристрої. Якщо при збільшенні сили струму понад норму коло своєчасно не розімкнеться, виникне пожежа.

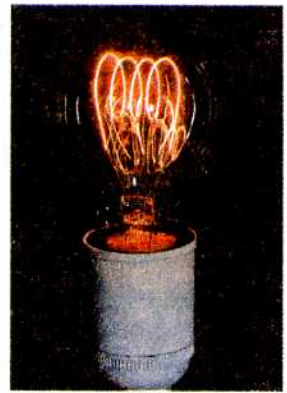
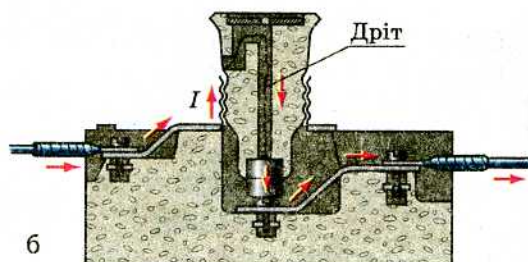


Рис. 17.4. Нагрівальний елемент електричної лампи розжарювання виготовляють із вольфраму, температура плавлення якого 3387 °С. Нагріваючись до температури 3000 °С, тонкий вольфрамовий волосок починає яскраво світитися

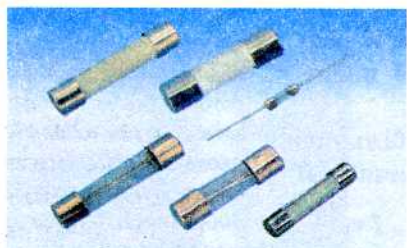


Рис. 17.5. Повертаючи тумблер праски, ми настроюємо її на певний температурний режим

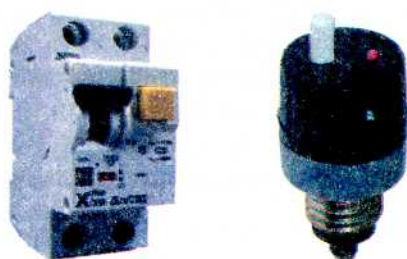




**Рис. 17.6.** Плавкий запобіжник, застосовуваний у квартирній проводці: а — зовнішній вигляд; б — схема. Струм, що йде до споживача (напрямок струму позначений стрілками), проходить через дріт, виготовлений із легкоплавкого металу, наприклад свинцю. У разі зростання сили струму понад норму дріт нагрівається й розплавляється — електричне коло розмикається



**Рис. 17.7.** Плавкі запобіжники, застосовувані в радіотехніці. По осі скляної трубочки з металевими наконечниками натягнутий тонкий легкоплавкий провідник



**Рис. 17.8.** Автоматичні запобіжники. Робоча частина автоматичного запобіжника — біметалічна пластина. У разі збільшення сили струму понад норму біметалічна пластина вигинається, в результаті чого коло розмикається. Після охолодження запобіжник знову можна повернути в робочий стан

#### 4 Учимося розв'язувати задачі

**Задача.** Автоматичний запобіжник на квартирному електролічильнику розрахований на силу струму 10 А. Чи спрацює запобіжник, якщо одночасно увімкнути лампу потужністю 200 Вт, пральну машину потужністю 800 Вт, електричний чайник потужністю 1200 Вт?

Дано:

$$I = 10 \text{ А}$$

$$P_1 = 200 \text{ Вт}$$

$$P_2 = 800 \text{ Вт}$$

$$P_3 = 1200 \text{ Вт}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$P_{\text{макс}} \text{ — ?}$$

$$P_{\text{заг}} \text{ — ?}$$

*Аналіз фізичної проблеми*

Для розв'язання задачі слід визначити загальну потужність  $P_{\text{заг}}$  увімкнених споживачів. Якщо  $P_{\text{заг}}$  споживачів менша за максимально можливу потужність струму  $P_{\text{макс}}$ , на яку розрахований запобіжник, то запобіжник не спрацює, якщо більша — то він розімкне коло. Потужність струму  $P_{\text{макс}}$  знайдемо, знаючи напругу в мережі (220 В) і максимальну силу струму, на яку розрахований запобіжник.

*Пошук математичної моделі, розв'язання, аналіз результатів*

Оскільки за будь-якого з'єднання споживачів їх загальна потужність дорівнює сумі потужностей окремих споживачів, то  $P_{\text{заг}} = P_1 + P_2 + P_3$ .



Відповідно до формули для розрахунку потужності:  $P_{\text{макс}} = UI_{\text{макс}}$ .  
Визначимо значення шуканих величин:

$$[P] = B \cdot A = \text{Вт};$$

$$\{P_{\text{макс}}\} = 220 \cdot 10 = 2200; P_{\text{макс}} = 2200 \text{ Вт}.$$

$$P_{\text{вст}} = 200 + 800 + 1200 = 2200 \text{ (Вт)}.$$

Проаналізуємо результати. Порівнявши значення отриманих потужностей, бачимо, що навантаження в колі досягло максимально можливого значення. А оскільки ще є втрата потужності на підвідних проводах, можна стверджувати, що запобіжник спрацює і коло розімкнеться.

*Відповідь:* запобіжник розімкне коло.

### Підбиваємо підсумки

Робота численних і різноманітних електронагрівальних пристроїв ґрунтується на тепловій дії струму.

Згідно із законом Джоуля—Ленца певна кількість теплоти виділяється і в підвідних проводах. Значне нагрівання провідників може стати причиною пожежі, тому, якщо є небезпека надмірного збільшення сили струму, до всіх електричних кіл приєднують запобіжники. Запобіжник являє собою пристрій, який розмикає коло, якщо сила струму в ньому збільшиться понад норму.

### Контрольні запитання

1. Назвіть електричні пристрої, робота яких ґрунтується на тепловій дії струму.
2. Які перетворення енергії відбуваються всередині електронагрівника в разі його ввімкнення в коло?
3. Які властивості повинен мати метал, із якого виготовляють нагрівальний елемент?
4. Чому нагрівальний елемент має бути ізольований від корпусу нагрівального приладу?
5. Що може стати причиною надмірного збільшення сили струму в колі? До чого це може призвести?
6. Що таке коротке замикання?
7. З якою метою застосовують запобіжники?
8. Поясніть будову та принцип дії плавкого запобіжника.

### Вправа № 17

1. Для приєднання зварювального апарата, який споживає 100 А, молодий робітник вирішив скористатися освітлювальним шнуром. Чому ви, знаючи фізику, ніколи цього не зробите?
2. Яким вимогам має відповідати речовина, з якої виготовляють дріт для плавкого запобіжника?
3. Чому для запобігання займанню електропроводки особливу увагу слід приділяти якісному з'єднанню дрітів один з одним та з приладами, які ввімкнено в мережу?
4. Яку найбільшу потужність може споживати пристрій, якщо плавкий запобіжник розраховано на максимальний струм 6 А при напрузі 220 В?

### Експериментальне завдання

За паспортами й інструкціями до різних споживачів у вашій оселі з'ясуйте їхню потужність. Дізнайтеся в батьків, на яку силу струму розраховані запобіжники, що встановлені на електролічильнику. Визначте, скільки споживачів і які саме можна одночасно увімкнути в одному відгалуженні проводки.