




Інж. ТАРНАВСЬКИЙ

# ЕЛЕКТРИЧНІ АКУМУЛЯТОРИ

ТЕОРІЯ  
БУДОВА  
ЕКСПЛОАТАЦІЯ

1946  
ВИДАВНИЦТВО  
“УКРАЇНСЬКА КНИГА”  
АВІСБУРГ

  
Змуденко  
6. 2. 1946р. 27

ІНЖ. ТАРНАВСЬКИЙ Д.

# ЕЛЕКТРИЧНІ АКУМУЛЯТОРИ

ТЕОРІЯ  
БУДОВА  
ЕКСПЛОАТАЦІЯ

1946  
НАКЛАДОМ АВТОРА  
АВГІСБУРГ

Printed with the permission of UNRRA, Team 114 — Augsburg, 1946.

Buchdruckerei Anton Hieber, Augsburg — 11. 1946: 3000.



## ПЕРЕДМОВА

В теперішньому віці техніки, коли на кожному кроці життя ми зустрічаємося з різними машинами, як простими, так і дуже складними своєю будовою і працею — електричні акумулятори відіграють дуже велику роль.

Для освітлення авт, запалення в моторах автомашин, мотоциклів, літаків застосовуються акумулятори, багато типів радіоприймачів, особливо військових, працюють на акумуляторах. Електричні лихтарики кишенькові і більшість шахтних, потяги та інші споруди освітлюються енергією акумуляторів. Електричні візки-автокари, навіть електричні авта знаходять тепер щораз більше застосовування.

Але поруч такого широкого запровадження в житті електричних акумуляторів можна спостерігати у великій більшості власників акумуляторів надзвичайно низький рівень знання елементарних правил догляду та експлуатації акумуляторів. Це дуже часто приводить до псування їх, а власників — до неприємностей таких як: не працює радіо, не їде авто або мотоцикл і т. д. Особливо тепер, коли промисловість Європи зруйнована другою світовою війною, виріб нових акумуляторів майже припинений. При необхідності можна дістати за дуже високу ціну й тепер вживані акумулятори, здебільшого напівзіпсовані, які при відповідних знаннях ще можна полагодити.

Метою цієї книжки і є поповнити в деякій мірі брак технічної літератури, допомогти власникам акумуляторів поставити на належну височінь догляд за ними та їх експлуатацію і запобігти передчасному псуванню їх. Крім того, нею могтимуть користуватись учні електротехнічних шкіл, шоферських курсів і шофер-професіонали.

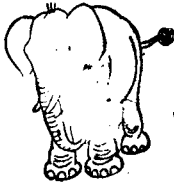
Стислий зміст цієї книжки не дозволяє подати матеріал в широкому обсязі, необхідному для повного вивчення процесів, що відбуваються при електролізі, зарядорозрядних циклах, випростовуванні струму і т. д. Але поданий матеріал буде цілком достатнім для практиків і середньо освіченої людини.

Хімічні процеси і зміни, які відбуваються в акумуляторі при зарядженні можуть бути цілком усвідомлені лише при відповідному знанні електролізу, тому цей розділ і поданий насамперед.

Автор.







## ЕЛЕКТРОЛІЗ

Електричний струм здатний провадити роботу не тільки у вигляді світла, тепла, механічних дій, а й у вигляді хемічних процесів, які мають велике значення в практиці.

Всі провідники електричного струму по тому, як вони проводять електричний струм, діляться на дві категорії. До першої відносяться всі метали, вугіль і селен (провідники першого роду), а до другої — всі складні речовини (розчини), які проводять струм (провідники другого роду).

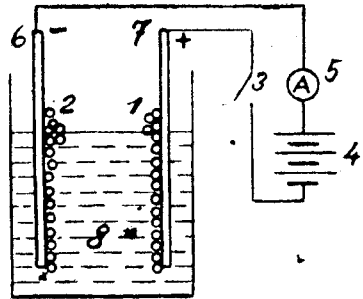
Провідники другого роду називаються електролітами, а ті явища, які відбуваються в них під час проходження електричного струму, називаються електролізом. Розглянемо коротко, як відбуваються і що собою являють процеси електролізу.

Для того, щоб пропустити через електроліт електричний струм від якогось джерела, необхідно в цю рідину опустити дві металеві або вугляні платівки на деякій віддалі одна від одної. (Мал. 1).

Ці платівки називаються електродами.

Електрод, з'єднаний з позитивним полюсом джерела струму, називається анодом, з негативним — катодом.

Якщо в посудину налити електропровідну рідину, наприклад, розбавлену водою сульфатну кислоту, і прилучити електроди до полюсів джерела струму, то з цього моменту починається процес електролізу. У кожному розчині процесом дисоціації молекули частково розкладені на йони, які ріжницею потенціалів на електродах притягаються одні до одного електрода, другі до



Мал. ч. 1.

1. Бульбашки кисню. 2. Бульбашки водню. 3. Вмикач. 4. Джерело струму. 5. Амперметр. 6. Катод 7. Анод. 8. Розчин сульфатної кислоти.

другого. Про це докладніше буде далі. Уважно спостерігаючи цей процес, помітимо, що він відбувається не у всій рідині, а лише в частині ближчій до електродів, на яких виділяються якісь газові пухирці. Досліджуючи ці гази, ми довідаємось, що на аноді виділяється кисень, а на катоді — водень.

Якщо ми будемо досліджувати так різні розчини солей у воді, то помітимо, що на катоді завжди виділяється у чистому вигляді метал, який входив у склад солі, що її взято для досліду, а на аноді виділяється решта цієї сполуки. Наприклад, коли взяти мідяний купорос, розчинений у воді, і пропустити через нього струм, то на катоді відкладатиметься чиста мідь, а на аноді решта цієї хемічної сполуки. Якщо взяти цинковий купорос, то на катоді відкладається чистий цинк і т. д.

Складники електроліту, з яких одні під впливом електричного струму пересуваються до аноду, другі — до катоду, називаються йонами. Йони, які виділяються на аноді, зветься анійони, а ті, що виділяються на катоді — катіони. До металів зарховують і водень.

В першій досліді ми брали за електроліт розчин сульфатної кислоти  $H_2SO_4$ , оже водень, який виділяється на катоді, є катіоном, а  $SO_4$  є аніоном. Частка  $SO_4$  у вільному стані не буває, вона при виділенні, як побачимо далі, вступає у вторинні хемічні реакції з електродом або електролітом. Ці складники не завжди виділяються в чистому вигляді. Вони також можуть реагувати і сполучитися, як з електролітами, так і з електродами, що й стається на практиці. Тому ми не завжди одержимо чистими ті продукти розкладу, які виділяються внаслідок первинного хемічного процесу, а здебільшого ті, які утворилися внаслідок вторинного процесу (реакцією йонів з рідиною або з електродом).

Для прикладу візьмемо розчин Глауберової соли ( $N_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ ) у воді. На позитивнім електроді (аноді) виділиться  $SO_4$ , а на негативному (катоді) повинен би виділитися Na. Але натрій, виділившись, негайно вступає в реакцію з водою і утворює з нею натрій гідроксид  $NaHO$  і водень  $H_2$ . Також і  $SO_4$ , реагуючи з водою, утворює з нею сульфатну кислоту  $H_2SO_4$  і кисень. Через ці вторинні процеси не виділюється з Глауберової соли вільними Na і  $SO_4$ , а кисень і водень. На перший погляд здається, що вода електроліту розклалась електричним струмом на свої складники — кисень і водень. Це довгий час вважали за правильне. Але пізнішими дослідами встановлено, що вода цілком очищена від домішок, не проводить електричного струму, є добрим ізолятором і ніякого розкладу в ній не відбувається. Але, якщо до зовсім чистої води додати незначну кількість

якихось солей, то вона стане провідником, з якого внаслідок розглянутих вторинних хемічних процесів, при проходженні через нього електричного струму, одержимо водень і кисень.

## ЗАКОНИ ФАРАДЕЯ

Перший вчений, що дослідив закони, яким підлягають процеси і зміни в електроліті при електролізі, був Фарадей і через те закони, яким підлягають явища електролізу, названі його ім'ям — законами Фарадея.

Розглянемо їх коротко. Скільки виділяється з хемічних сполук їх складників при електролізі? З хемії відомо, що майже для всіх хемічних елементів знайдені атомні ваги. Ці ваги показують, скільки вагових одиниць кожної речовини є в даній сполуці. Для прикладу візьмемо якусь сполуку, наприклад: цинк-хлорид. Відомо, що хлор має атомну вагу 35,5, а цинк 65,4. Отже це значить, що у цинк-хлориді хемічна формула якого є  $ZnCl_2$ , є 71 вагова частина хлору і 65,4 вагових частин цинку.

Відносні вагові кількості складників речовин, називаються еквівалентними вагами. Еквівалентна вага водню = 1. В одновалентних елементів, як наприклад: срібло, хлор — еквівалентна вага дорівнює їх атомовій вазі, у двовалентних елементів, як наприклад: мідь, цинк, сірка, кисень еквівалентна вага дорівнює половині їх атомової ваги. В трьохвалентній — одній третині і т. д. Таким чином (і це підтверджено дослідами) при електролізі на електродах відкладаються складники розчинів в такій кількості, в якій вони ввійшли в цю хемічну сполуку. Або — відношення кількостей виділених йонів дорівнює відношенню їх еквівалентних ваг. Якщо ми взяли за електроліт розчин цинк-хлориду, то на катоді завжди виділиться 65,4 вагових частин цинку, а на аноді виділиться 71 вагова частина хлору, або на кожний грам хлору виділиться  $\frac{65,4}{71}$  г — цинку. Для прикладу ми взяли розчин, складники якого при електролізі не вступають у вторинні хемічні сполуки. Якщо виділені складники вступають у вторинні хемічні сполуки з електролітом або з електродами, то кожна з часток вступає в хемічну сполуку в такій кількості, в якій вона є хемічно еквівалентна, або другими словами: при проходженні електричного струму складники електролітів, або продукти вторинного хемічного процесу виділяються в хемічно еквівалентних кількостях.

Другим питанням, яке слід поставити, є: в якій мірі кількість виділених із сполук речовин залежить від величини електричного струму, що проходить через електроліт?

Відповідь на це питання дають спроби Фарадея, який довів, що вагова кількість виділених речовин цілком залежна від величини електричного струму і часу, протягом якого цей струм проходить через електроліт. Так, струм в 10 ампер виділить у 10 разів більше речовини, ніж струм в 1 ампер за той самий час. Струм в 1 ампер за 10 секунд виділить речовин, скільки виділить їх струм в 10 ампер за секунду.

Таким чином: кількість виділених речовин дорівнює добуткові величини струму на час. Цю кількість називають кількістю електрики. Якщо величину струму визначити в амперах, а час в секундах, то кількість електрики, що пройде через розчин при величині струму в один ампер за 1 секунду називається кулоном. Перекрій і матеріал провідників струму не мають впливу, на кількість виділеної речовини.

Тому вагова кількість речовин, що виділяється при електролізі, цілком залежить від числа кулонів, що пройшли крізь розчин (електроліт).

З усього цього можна вивести зворотне правило: по ваговій кількості виділених при електролізі речовин можна обрахувати в кулонах кількість електрики, що пройшла при виділенні цієї речовини. Для того, щоб вирахувати величину струму в амперах, необхідно знати, яку кількість тієї чи іншої речовини виділяє струм величиною в 1 ампер за 1 хвилину (або секунду). Дослідним шляхом установлено, що струм в 1 ампер за 1 хв. виділяє 19,76 міліграма міді або 67,08 міліграма срібла. Поділивши вагову кількість виділеної на катоді міді на 19,76 м, або виділеного срібла на 67,08 мг. і на число хвилин, протягом яких струм пропускали, знайдемо в амперах величину струму, що проходив при виділенні цієї міді або срібла.

Явища та закони електролізу нам уже досить відомі, але як пояснити деякі особливості процесу електролізу? Чому явища розкладу електроліту ми помічаємо лише біля електродів, а не по всій рідині, через яку проходив електричний струм, або чому частки виділяються завжди у відношенні їх еквівалентних ваг? Пояснення цього дає нам досить чітко сформульована теорія розчинів Клаузіуса-Аррєніуса. Згідно з цією теорією можна молекула складного тіла має дві протилежні і однаково міцно наелектризовані частини. Раніше, для прикладу, ми брали Глауберову сіль  $N_2SO_4 \cdot 10H_2O$ . В цьому випадку  $Na^+$  буде мати заряд додатній, а рештка  $SO_4^-$  — від'ємний. Ці дві частки це й є йони молекули. Вони однаково міцно заряджені, але протилежними знаками (+ і -) назовні електрично нейтральні і не виявляють своїх зарядів. Якщо цю сіль натрію розчинити у воді, то у розчині будуть пла-

вати не тільки цілі молекули натрію-сульфату, а і йони  $\text{Na}_2^+$  і  $\text{SO}_4^-$ .

Процес розчинення викликає дисоціацію (розщеплення молекул). Частина молекул розпадається на окремі йони. Думають, що це настає через швидкий рух молекул в розчині, при якому вони вдаряються одна в одну і розбиваються на свої складові частини йони. Крім цієї теорії, яка називається механічною, існує ще декілька теорій, за якими дисоціація настає не тільки від ударів молекул, а й від електричної взаємодії зарядів тих частинок, з яких складається електроліт. Світлові промені, температура й інші види променів — всі вони, як доведено дослідями, впливають на процес дисоціації. Отже буде більше вірним, якщо ми припустимо, що всі ці чинники викликають процес дисоціації розчинів. Поруч з процесом дисоціації в розчині йде і процес асоціації йонів, себто процес з'єднання йонів у молекули. При цьому по якомусь часі настає момент, після якого, скільки молекул розпадається, стільки ж їх одночасно і з'єднується, отже розчин є весь час в стані рухомої рівноваги, при якій кількість дисоційованих молекул залишається постійною. Якщо температура розчину підвищується, то рух молекул збільшується, а тому і кількість молекул, які дисоціюють, теж збільшується.

Якщо в розчин вставимо два електроди на деякій віддалі один від одного і з'єднаємо їх з якимось джерелом постійного струму, то вони зарядяться: один додатньо, другий від'ємно і будуть притягати або відштовхувати електрично заряджені йони. Від'ємний електрод притягатиме додатньо заряджені йони металю, а додатній електрод притягатиме від'ємно заряджені рештки дисоційованих молекул. В середині рідини весь час, доки діє електричний струм, відбувається рух катіонів в один бік, а аніонів — в другий. В рідині, замість виділених на електродах йонів, весь час утворюються нові йони дисоційованих молекул і тому розчин залишається нібито без змін. Зовсім інший процес відбувається біля електродів. До від'ємних електродів підходять додатньо заряджені йони металю — катіони, які віддають електроводі свої заряди, а самі осідають на електроді і навпаки — аніони віддають свої заряди додатньо зарядженому електродові і теж осідають на ньому або, коли це є гази, виходять на поверхню у вигляді пухирців.

Крім того, як ми уже знаємо, виділені частки вступають у вторинні хемічні процеси з електролітом або з електродами.

На підставі цієї теорії, молекули розщеплюються не струмом — він лише викликає рух складових частин молекул йонів в певних напрямках, відповідно до їх електричних зарядів. Це і є те, що називають електричним струмом в електролітах. Отже елект-



ричний струм в електроліті — це рух йонів додатніх до катоду, а від'ємних до аноду.

Згідно з законом Фарадея в усіх рідинах йони виділяються в еквівалентних кількостях; або кожний еквівалент катіона має в собі і віддає додатньої електрики стільки, скільки має в собі і віддає від'ємної електрики еквівалент аніона.

Закон еквівалентности відноситься не тільки до якогось одного, а й до всіх електролітів. Отже, можемо сказати, що еквівалентна вага будь-якого йона одного знаку заряду повинна мати в собі стільки електрики, скільки її є в еквівалентній вазі йона другого знаку заряду.

Якщо один грам водню (водень в хемії взятий за одиницю) має якийсь заряд додатньої електрики (якусь кількість кулонів), то таку саму кількість електрики повинні мати в собі 23 г. натрію, або 39 г. калію, або 31,6 г. міді, або 107,88 г. срібла і т. д. З цього і закон Фарадея: еквівалентні ваги різних йонів завжди мають в собі однакову кількість кулонів — додатньої електрики, якщо вони катіони і від'ємної, якщо вони аніони.

Кількість грамів речовини, яка дорівнює її еквівалентній вазі, в хемії має назву грам-еквівалент тієї речовини. Таким чином: один грам — еквівалент натрію = 23 г., один грам — еквівалент калію = 39 г., міді = 31,6 г., срібла = 107,88 г. і т. д.

Тепер ми можемо вирахувати, яка кількість кулонів електрики зв'язана з кожним грам-еквівалентом якоїсь речовини. Згадаємо, що струм в 1 ампер за 1 сек. є 1 кулон, і коли він виділяє 1,118 мг. срібла (при електролізі), то це значить, що для виділення одного грам-еквіваленту срібла (107,88 г.) потрібно  $\frac{107,88}{0,001118} = 96494$  кулони. Ця кількість кулонів (96494) потрібна для виділення грам-еквіваленту якоїсь речовини, або грам-еквівалент якогось йона виділяється 96494 кулонами (додатніми чи від'ємними).

Тому, що при електролізі утворюються додатні і від'ємні йони, то при розкладі одного грам-еквівалента кожної речовини проходять 96494 кулони в один бік і 96494 кулони в другий.

Явища електролізу, які ми розглянули вище, цілком допускають думку, що носіями електричних зарядів є частки електрики — додатні або від'ємні електрони.

Як кожна речовина ділиться на атоми, так і електрика ділиться на частки. Кожний йон одновалентної речовини (хлор, натрій, срібло) має певну кількість вільної електрики, або має один вільний електрон. Кожний йон двовалентної речовини має

два вільні електрони, тривалентної — три і т. д. Наприклад: йон хлору є з'єднанням одного атома хлору з одним вільним електроном від'ємної електрики. Також можна сказати, що один йон водню є з'єднанням одного атома водню з однією частиною додатньої електрики.

На цій підставі можна сказати, що один йон водню — це один атом водню, у якого віднятий один від'ємний електрон. Це останнє більше відповідає дійсності.

Шляхом складних підрахунків вираховано, що один грам-еквівалент кожної речовини має в собі 618000 тріліонів ( $618 \times 10^{21}$ ) йонів.

Раніш ми довідались, що кожний грам-еквівалент є з'єднаний з 96494 кулонами, отже звідси ми можемо вирахувати, який заряд має один електрон: 618000 тріліонів йонів мають заряд в 96494 кулонів, а один електрон має  $96494 : 618000$  тріліонів  $= 1,59 \times 10^{-19}$  кулона.

Цей заряд має кожний електрон різних йонів і називається елементарним зарядом. Він є найменшою неподільною часткою електрики.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЛІЗУ

Виділення чистого металю на від'ємних електродах при електролізі широко використовується тепер для покривання різних речей металами: золотом, сріблом, міддю, ніклем, хромом і т. ін. З одного боку це дає їм принадний вигляд, а з другого — захищає ці речі від корозії — (розідання іржою, кислотами і інше). Відкладаючись на складних поверхнях електроду (від'ємного) металевий покрий точно відбиває ці поверхні, тому то використовують електроліз для виготовлення різних кліше в друкарстві. Цей відділ електротехніки називається гальванопластикою. Процес електролізу протікає за тими ж законами і в розтоплених солях металів. Цим металургія скористалася для добування металю алюмінію з його солів, завдяки чому він став загально доступний і дешевий. Інші способи добування алюмінію з руд та солів надзвичайно складні й дорогі.

Процес електролізу використовують тепер для добування з кухонної соли чистого натрію, який хемічно з'єднуючись з водою, дає натрій — гідроксид або каустичну соду, що у великій кількості іде на миловарення та на інші потреби.

## АКУМУЛЯТОРИ

Якщо візьмемо два платинові електроди і зануримо їх в розчин нітрату срібла, то не виявимо ніякої електричної сили. Як що ж з'єднаємо їх з джерелом електричного струму, то на одному з електродів — (від'ємному) осяде чисте срібло. Рівновага порушилась через те, що електроди тепер з різних металів, які складають гальванічну пару, тепер вони уже не нейтральні, і виявляють певну різницю потенціалів, або електрорушійну силу. Якщо ми після пропускання електричного струму через згадані електроди виключимо джерело струму, з'єднаємо електроди і введемо у коло між платиновими електродами вольтметра, то він виявить певну напругу, причому електричний струм буде йти в зворотньому напрямку, ніж той, що пропускали ми через електроди. Отже, ці два електроди, занурені в електроліт, після процесу електролізу, набули властивостей гальванічного елемента. Якщо будемо пропускати струм через два платинові електроди, занурені в розчин сульфатної кислоти, то на одному виділиться кисень, а на другім — водень. І в цьому випадку настане взаємодія між електролітом та електродами, внаслідок якої виникне в елементі електрорушійна сила в зворотньому напрямку. Це явище називається поляризацією. Завжди, коли пропускати струм через електроліт, то електроди поляризуються, і при замиканні зовнішнього кола провідниками йде електричний струм у зворотньому напрямку. Цей струм називається поляризаційним струмом.

Електрорушійна сила поляризаційного струму залежить від того, які метали були взяті за електроди і які рідини були взяті за електроліт. Наприклад: при платинових електродах в розчині сульфатної кислоти матимемо поляризаційний струм напругою в 2,7 вольта. Якщо візьмемо за електроди олов'яні платівки, а за електроліт розчин сульфатної кислоти, то поляризаційний струм матиме напругу біля 2 вольтів. Через те, що прилади з двох платівок в рідині, після проходження через нього електричного струму, перетворюються в гальванічні елементи, то їх іноді називають вторинними елементами або акумуляторами (від слова акумулювати — накопичувати). Струм, який проходив зпочатку через електроди та електроліт, називають зарядним струмом, а струм, який іде в зворотньому напрямку при розряджуванні приладу, називають розрядним струмом.

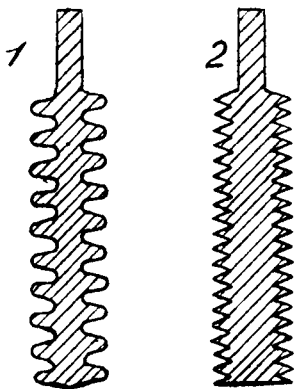
Раніше ми сказали, що при електролізі виділяється на одному електроді водень, а на другому кисень, та що ці гази вступають у вторинні хемічні процеси.

Якщо електроди з платини, яка найгірше вступає в хемічні сполуки, то водень і кисень осідають тільки на поверхні, і тому великого і сталого розрядного струму не виникає. Як тільки витратиться водень і кисень при розряднім струмі, електроди стають неутральні, і електричний струм не проходить. Щоб мати знову електричний струм, потрібно його знову зарядити. Багато вчених працювало над тим, з яких металів найліпші електроди, та які розчини найліпші електроліти. Гастон Планте знайшов, що найвідповіднішим металом для електродів є олово (Pb), а електролітом—розчин сульфатної кислоти (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Якщо візьмемо кусок олова і зануримо його в цей розчин, то воно буде витискувати з сульфатної кислоти водень, а з решткою утворювати сульфат олова. Хемічна реакція проходитиме  $Pb + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2$ . Якщо ми опустимо в цей розчин-електроліт два олов'яні електроди і пропустимо зарядний струм, тоді, внаслідок електролізу, H<sub>2</sub> буде осідати на катоді (—) і витисне з сульфату олова чисте олово, з'єднається з SO<sub>4</sub> і утворить сульфатну кислоту H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Хемічна реакція буде така:  $H_2 + PbSO_4 = H_2SO_4 + Pb$ . Тонкий шар сульфату олова на електроді перетвориться в тонкий шар чистого олова, але він уже не буде мати такої структури, як чисте олово до хемічної реакції. Олово в ньому буде, коли можна так висловитись, — розпушене. На аноді в цей час буде осідати SO<sub>4</sub>, яке з сульфатом олова на електроді в присутності води негайно утворить сульфатну кислоту і олово IV-оксид PbO<sub>2</sub>. Реакція буде така:  $PbSO_4 + SO_4 + 2H_2O = PbO_2 + 2H_2SO_4$ . Після цього платівка буде вкрита тонким шаром олова IV-оксиду. Отже вкінці зарядки матимемо гальванічний елемент, який після припинення зарядки і замкнення кола, даватиме струм в зворотньому напрямку доти, доки хемічне перетворення сполук, які утворились, дійде до початкового стану.

Кількість виділених на електродах хемічних сполук цілком залежить від кількості кулонів, що проходили підчас зарядки; а від того, скільки утворилось хемічних сполук вторинними процесами на електродах, залежить в кулонах і кількість розрядного струму. При одноразовому заряді (пропускання струму 1 раз) творенню великої кількості хемічних сполук на електродах є велика перешкода, а саме: вже тонкий шар утворених хемічних сполук на електродах становить великий опір проходженню струму і електроліту в глибші шари олова. Хемічна (вторинна) реакція припиняється, як тільки верхній шар олова хемічно зміниться. Якщо ми будемо й далі пропускати струм (продовжувати заряд), то водень і кисень накопичуватимуться на поверхні електродів і спливатимуть на поверхню

електроліту тим більше, чим більшої сили струм будемо пропускати при зарядженні.

Кажуть — акумулятор “закипів”. Це значить, що хемічні вторинні процеси верхнього шару олова закінчилися, акумулятор зарядився повністю і, якщо й далі пропускати зарядний струм, то більше хемічних змін не буде. Заряджуючи і після цього, тільки марно будемо витратити енергію. До цього слід додати, що при “кипінні” акумулятора виділяється водень і кисень, суміш яких називається гремучим газом, який дуже легко запалюється й вибухає, утворюючи воду  $H_2O$ . Вибух буває небезпечним не тільки для акумулятора, а й для життя людей. Тому при зарядах акумулятора треба вважати, щоб поблизу не було вогню.



Мал. ч. 2.

1. Перекрій олив'яної пластини з хвилястою поверхнею.
2. Перекрій з ребристою поверхнею.

Дальшими дослідями Планте встановив, що коли акумулятор декілька разів зарядити і розрядити, то кількість електрики (в кулонах), як при зарядженні, так і при розрядженні, зростає, а шар на поверхні електродів, який вступає в хемічні сполуки, товщає за кожним зарядно-розрядним циклом. Цей процес ряду зарядів і розрядів, з метою збільшення кількості активного шару на поверхні електродів, називається попереднім формуванням акумулятора. Полягає він в тому, що при зарядо-розрядженні шар олова, який був у хемічній сполуці, нібито розпушується і наступні зарядо-розряди захоплюють щораз глибші шари олова. По багатьох зарядно-розрядних циклах хемічні перетворення захоплюють всю товщу тонких електродів, вони втрачають свою механічну стійкість і при невеликих поштовхах акумулятора розсіпаються. Акумулятор зіпсований або спрацьований.

Цьому можна запобігти, якщо взяти відповідно товсті електроди, але при цьому зростає його вага, що не завжди буває корисним і доцільним.

Щоб збільшити кількість електрики в акумуляторах Планте, електроди роблять такими, щоб при невеликих розмірах платівок була велика поверхня, на якій відбуваються перетворення. Для цього роблять її хвилястою або ребристою (див. мал. 2) а платівок-електродів беруть не дві, а декілько. Від'ємних платівок ставлять завжди на одну більше, щоб ліпше використати з обох

боків поверхню додатніх електродів, в яких відбуваються більш хемічні процеси, ніж у від'ємних електродах. Іноді електроди в акумуляторі Планте роблять у вигляді довгих олов'яних платівок, відділених ізоляційною масою. Ця маса повинна бути роздільником, який не допускає з'єднання електродів між собою і не витискає багато електроліту (такою прокладкою найчастіше буває скляна вовна). Олов'яні електроди разом з прокладкою згортають в рурку, ставлять в якийсь округлий посуд, наливають електроліт і ставлять на формування.

Акумулятори Планте широкого застосування не мають, через те, що їх вартість дуже висока, і виробництво у великій кількості утруднене дуже довгим процесом попереднього формування електродів. Щоб мати практично достатню силу і тривалість розрядного струму, необхідно, щоб на поверхні електродів був шар "розпушеного" олова завгрушки до 1 мм., а цього можна досягнути лише при повторенні зарядо-розрядних циклів від 30 до 150. Отже формування електродів потребує часу від одного до трьох місяців. Але, не зважаючи на це, ще й досі в деяких акумуляторах застосовують електроди, переважно додатні формовані, способом Планте, через те, що ці електроди механічно дуже стійкі і при великих розрядних струмах не деформуються.

Дальші спроби дослідників були скеровані на вишукування дешевіших, простіших і коротших засобів формування електродів. Цей засіб був винайдений Ф о р м, який запропонував штучне формування. В цьому випадку електроди беруть не з чистого олова, а з різних хемічних сполук його, подібних до тих, які утворюються на електродах у процесі розглянутого вже формування. А щоб електроди були стійкими і електропровідними, для цього застосовують ґратки різних виглядів, в які впресовують ці сполуки. Для більшої стійкості, до олова, з якого виробляють ґратки, домішують 7—9% стібія (Sb) — це збільшує міцність олова на розрив. Чисте олово має 125 кг. на 1 см<sup>2</sup>, а з домішкою 7% стібія — 504 кг. на 1 см<sup>2</sup>. Ґратки з домішкою стібія не дуже підлягають хемічним перетворенням при зарядженні і розрядженні. (Електроди з чистого олова скоро руйнуються, і платівки розсипаються).

Як хемічні сполуки, використовуються, за способом Фора, для додатніх електродів—олов'яний сурик (Pb<sub>3</sub> O<sub>4</sub>), а для від'ємних — олов'яний глейт (PbO).

Розглянемо тепер, які хемічні перетворення відбуваються в цих штучних електродах акумулятора під час зарядження його і розрядження. Для з'ясування цих процесів при зарядженні і розрядженні акумуляторів було запропоновано декілька теорій, з яких



найбільш признаною є теорія Гладстона і Трайба, яка тепер підтверджена експлуатаційною практикою і теоретичними розрахунками. Згідно з цією теорією активна маса електродів в зарядженій акумуляторі є: на додатніх електродах олово IV-оксид ( $\text{PbO}_2$ ), а на від'ємних — олово (Pb). Заряджені електроди мають кольори: додатні = темно-вишневий (чоколадний колір), від'ємні — сірі.

При розрядженні відбуваються такі реакції: згідно з йонною теорією, до додатніх електродів переміщуються додатні йони водню з дисоційованої сульфатної кислоти; віддавши свій заряд електродові, вони виділяються у вигляді атомів водню, і утворюють молекули:  $2\text{H}^+ = \text{H}_2 + 2^+$ .

Молекули водню і молекули сульфатної кислоти вступають в реакцію з активною масою додатніх електродів за рівнянням:  $\text{PbO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Ця реакція проходить у двох фазах. Спочатку  $\text{PbO}_2$  редукується воднем до  $\text{PbO}$ , утворюючи одну молекулу води:  $\text{PbO}_2 + \text{H}_2 = \text{PbO} + \text{H}_2\text{O}$ .

Слідом за цим олово II-оксид, реагуючи з сульфатною кислотою, дає сульфат олова й одну молекулу води:  $\text{PbO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

З першого рівняння видно, що утворення води відбувається при розряді на додатніх електродах. Тому то, щоб збільшити запас електроліту, необхідний для підвищення концентрації електроліту в масі електродів, до них повертають ребристу поверхню сепараторів. Від'ємні йони сульфатної кислоти електроліту —  $\text{SO}_4$  при розрядженні переміщуються до від'ємних електродів. Радикал ( $\text{SO}_4$ ) сульфатної кислоти, віддавши електродам свій заряд, вступає у реакцію з губчатим оловом:  $\text{Pb} + \text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 + 2^-$ .

Повну реакцію розрядження кислотного акумулятора можна написати рівнянням:  $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + [2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}] + \text{Pb} = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{PbSO}_4 + [2^+ + 2^-]$ . Це рівняння показує, що при розрядженні акумулятора перетворюється активна маса обох електродів в сульфат олова. Одночасно з процесом перетворення активних мас в сульфат олова твориться й вода — концентрація електроліта меншає. Хімічні процеси проходять в основному в активній масі електродів, тому вони повинні бути пористі, щоб швидше вирівнялась різниця концентрації електроліту в середині електродів і біля них (дифузія). З цього ясно, що при занадто великих розрядженнях вирівнювання концентрації електроліту в середині і зовні електродів повністю не відбувається, і тому повної віддачі ємності не одержимо. Чим більша сила розрядного струму — тим менша ємність (див таблицю).

На вирівнання концентрації електроліту при розрядженні ще сильно впливає збільшення об'єму сульфату в порівнанні з об'ємами тих активних мас, з яких він утворився.

Так — 207 г. олова, які займають 18,3 см.<sup>3</sup>, перетворюються в 303 г. сульфату, з об'ємом 49 см.<sup>3</sup>. Отже отвори між окремими частками активної маси електродів меншають, а через це зповільнюється дифузія (обмін концентрації) електроліту під кінець розрядження. Під кінець розряду концентрація електроліту в середині електродів близька до концентрації води (спад напруги до 1,75 — 1,8), тому негайно треба припинити розряд, бо при дальшому розрядженні електроди дуже псуються.

З цього ясно, що вся активна маса електродів не використовується повністю і, чим товщі електроди, тим коефіцієнт використання активної маси менший. Після припинення розрядження концентрація електроліту, як в середині електродів, так і зовні, вирівнюється, і напруга з 1,8 V підвищується до 2 V, але це не значить, що з нього можна далі брати енергію: необхідно відразу після розрядження поставити його зарядити. При розрядженні на кожну ампер-годину витрачається в середині електродів 3,66 г. сульфатної кислоти. Ця кількість називається електрохімічним еквівалентом сульфатної кислоти, в олов'яних (кислотних) акумуляторах. Ця кількість є підставою для обрахунку кількості електроліту на певну ємність акумулятора при його виробленні.

### При заряджуванні.

Коли акумулятор влучений на зарядження, то відбуваються перетворення зворотні: йони водню (додатні) переміщуються до від'ємних електродів, а радикал сульфатної кислоти (від'ємні) до додатнього. Реакція на додатніх електродах така:  $\text{PbSO}_4 + \text{SO}_4^{--} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2^-$ ; на від'ємних буде:  $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}^+ = \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2^+$ .

Загальна реакція при заряджуванні буде така:  
 $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + [\text{SO}_4^{--} + 2\text{H}^+] + \text{PbSO}_4 = \text{PbO}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb} + [2^- + 2^+]$ .

Коли відрахуємо з обох частин рівняння по одній молекулі сульфатної кислоти (в лівій частині вона в дисоційованому вигляді), то одержимо:  $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{PbSO}_4 = \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Pb} + [2^- + 2^+]$ .

Таким чином, при заряджуванні сульфат олова на додатніх електродах перетворюється в олово IV-оксид ( $\text{PbO}_2$ ). Сульфат олова на від'ємних електродах переходить в губчасте олово (Pb). При перетворенні сульфату в активні маси затрачується дві мо-

лекули сульфатної кислоти. Тому при заряджуванні концентрація електроліту збільшується.

При хемічних перетвореннях заряджування, які проходять переважно в середині електродів, дифузія електроліту проходить в зворотньому напрямку (як при розряджуванні: збільшена концентрація електроліту в середині електродів) і вирівнюється з зовнішньою.

Отже: 1) при заряджуванні невідповідно великою силою струму вирівнювання концентрації електроліту повністю не проходить, 2) в середині електродів буде занадто велика концентрація і 3) — струм не буде проникати в середину, через велике виділення газів — акумулятор “закипить” відразу. При заряджуванні таким струмом акумулятор псується. Відповідний режим заряджування визначається з маси електродів, їх товщини, типу акумулятора (стаціонарні чи стартерні) і т. д. Величина зарядного струму в середньому дорівнює  $1/10$  його ємності. По концентрації електроліту, як під час зарядки, так і під час розрядки, можна точно визначити, наскільки акумулятор заряджений або розряджений.

Обрахунки можна зробити за такою формою: (обрахунок після часткового розряду)  $Q_1 = \frac{d-dk}{d-k} Q_0$  год, де:

$d_n$  = концентрація електроліту до розрядження,  
 $d_k$  = » » в кінці розрядження,  
 $Q$  = номінальна ємність акумулятора,  
 $d$  = концентрація електроліту після часткового розрядження.

Як бачимо, ті хемічні перетворення (розпушення поверхні електродів на достатню товщину), яких в акумуляторі Планте досягли довгою низкою циклів заряджень і розряджень, в акумуляторі з штучними електродами досягається одним зарядом. Виробництво таких акумуляторів подешевіло, і вони тепер дуже поширені в багатьох ділянках народного господарства.

## Е Л Е К Т Р О Л І Т

Раніше ми зазначили, що за електроліт в кислотних акумуляторах вживається розчин сульфатної кислоти ( $H_2SO_4$ ) у воді. Скажемо кілька слів про те, як його виготовляють. Воду для електроліту треба вживати тільки дистильовану (звичайну воду переганяють у спеціальних перегонних кубах, нагріваючи її до кипіння та охолоджуючи пару), і лише в крайньому випадку можна вжити прокип'ячену дощову воду. Воду з колодязів, криниць, водогонів вживати як розчинник електроліту ні в якому ра-

зі не можна, бо вона має в собі розчинені різні солі, а водогінна ще має домішки оксидів заліза. Ці домішки при хемічних процесах, які відбуваються в електродах, вступають в хемічні сполуки з оловом електродів і утворюють найчастіше сполуки, які при дальших зарядах і розрядах уже нездатні відповідно перетворюватись. Акумулятор втрачає здатність нормально працювати (зменшується ємність) або зовсім псується.

Ні в якому разі не можна користуватися водогінною водою, яка має в собі домішки оксидів заліза з водогінних рур. Це залізо при електролізі осідає на електродах і таким чином утворюється місцева "гальванічна пара" різних металів (олово-залізо). Як наслідок цього, акумулятор сам розряджується, коефіцієнт корисної дії акумулятора падає, відповідно до того, наскільки електроліт був забруднений залізом.

Сульфатна кислота повинна бути теж чистою. В продажі іноді попадається сульфатна кислота під назвою "акумуляторна", яка цілком відповідає цьому призначенню. Можна також вживати хемічно чисту сульфатну кислоту (питома вага — 1,84). Часто в продажі буває так звана технічна сульфатна кислота, темного кольору (схожа на дьоготь). Ця кислота дуже забруднена і її вживати ні в якому разі не можна.

Електроліт, як було зазначено, складається з сульфатної кислоти та води. Кількість кислоти та води (вагові або об'ємні відношення) мають велике значення.

Припустимо, що електролітом є сульфатна кислота з дуже малою кількістю води (10%). В цьому випадку ми будемо мати добрий провідник електричного струму. В електродах будуть шорше відбуватися хемічні перетворення. Але велика концентрація розчину електроліту негативно впливає на самі електроди: — активна маса втрачає свій зв'язок з ґратками і спадає на дно посудини, залишаються тільки ґратки з олова. Коли взяти електроліт сильно зріджений, себто воду з дуже малою кількістю сульфатної кислоти, то при цьому кількість сульфатної кислоти не буде достатньою для повного хемічного перетворення маси електродів. Акумулятор буде працювати з низькою ємністю, що не вигідно.

Якщо не можемо брати розчин великої концентрації і не вигідно брати малої, то якої концентрації повинен бути електроліт, щоб не шкодити електродам і не втратити повної його спроможности в заряді та розряді?

На це проста відповідь: міцність електроліту повина бути така, в якій кількість сульфатної кислоти вистачила б на повні хемічні перетворення в електродах, при розрядженні акумулятора, з невеличким запасом на електропровідність електроліту і — не

більше. Теоретично підраховано, а на практиці перевірено, що такою концентрацією у всіх переносних акумуляторах є міцність не більша як 1,21 питомої ваги (за ареометром), на початку першого зарядження. У всіх акумуляторах стаціонарних, в яких розміри посуду і кількість електроліту ролі не відіграють, беруть кислоту густотою 1,18 — 1,20. Більшої густоти як 1,21 брати не можна тому, що при повному заряді в переносних акумуляторах густина електроліту зростає і доходить до 1,32. Густина 1,32 є максимальною, бо густіша кислота спочатку викликає процес сульфатації електродів (що таке сульфатація і як її уникнути — див. далі), і акумулятор втрачає ємність, а при ще більшій концентрації руйнуються електроди зовсім (активна маса осиплеться).

Складаючи електроліт, треба пам'ятати, що лити треба сульфатну кислоту у воду, а не навпаки, постійно помішуючи рідину склянню паличкою. Тому, що при наглому вливанні кислоти розчин нагрівається так, що іноді скляний посуд тріскається, то треба додавати сульфатну кислоту порціями, через деякі проміжки часу, щоб електроліт мав час охолонути.

Якщо немає ареометра, можна скласти електроліт за таблицею поданою на ст. 21.

Ні в якому разі не можна наливати в акумулятор електроліт гарячим. Концентрація електроліту 1,21 необхідна лише при першому зарядженні нового акумулятора (якщо не указаний фірмою інший режим першого зарядження).

При дальших зарядно-розрядних циклях ця концентрація дуже міняється.

Тому, якщо вода випаровує, треба доливати акумулятора чистою водою, до нормального рівня. Коли електроліт розлився, то необхідно додати електроліт такої концентрації, яка є в залишеному електроліті цього акумулятора. Користуючись поданою таблицею, можна скласти електроліт відповідної концентрації без ареометра. (Див. табл. на 21 ст.).

### ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ ВАГИ ЕЛЕКТРОЛІТА

Для визначення питомої ваги електроліта необхідно мати ареометр. В залежності від концентрації електроліту ареометр занурюється в нього більше або менше і, за поділками, які нанесені на ньому, можна визначити питому вагу його. Для міряння необхідно мати: скляну пробірку, гумову грушу (якою електроліт висмоктується з акумулятора) і ареометр.

Іноді на ареометрі позначені не поділи за питомою вагою, а за ступнями Боме. Маючи під руками наведену нижче таблицю

і переводну формулу, можна користатись і такими ареометрами.

Шкала ступнів Боме побудована також по питомій вазі за таким принципом: число ступнів по шкалі Боме  $= B = 145 - \frac{145}{d}$ ,

де 145 є модуль шкали Боме, "d" є питома вага електроліту.

Найкраще буде користатись наступною переводною таблицею:

Ступні Боме: 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 28 | 29 | 32 |  
 Питома вага: 1,16, | 1,17, | 1,18, | 1,19, | 1,20, | 1,241, | 1,252, | 1,283 |

### Т а б л и ц я

кількості сульфатної кислоти в електроліті в залежності від його концентрації:

Питома вага електроліту при 15° С.	Ступні Боме	% по вазі	% по об'єму
1,00	0,0	0,0	0,0
1,020	2,8	2,9	1,6
1,040	5,5	5,9	3,3
1,060	8,2	8,7	5,0
1,080	10,7	11,5	6,7
1,100	13,2	14,3	8,5
1,120	15,5	17,0	10,3
1,140	17,8	19,6	12,1
1,160	20,0	22,1	13,9
1,180	22,1	24,7	15,8
1,190	23,2	25,9	16,7
1,200	24,2	27,2	17,7
1,210	25,2	28,4	18,7
1,220	26,1	29,6	19,6
1,230	27,1	30,8	20,6
1,240	28,1	32,0	21,6
1,250	29,0	33,2	22,6
1,260	29,9	34,4	23,6
1,280	31,7	36,8	25,6
1,300	33,5	39,1	27,6
1,320	35,2	41,4	29,7

### СЕПАРАЦІЯ

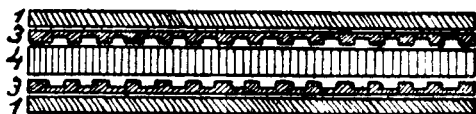
Щоб збільшити ємність електродів в кислотних акумуляторах, беруть їх не два, а по декілька додатніх і від'ємних, при чому їх розташовують так, щоб чергувалися додатній з від'ємним, крайні бувають завжди від'ємні. Щоб електроди не з'єднувалися



між собою (додатні з від'ємними), між ними ставлять прокладки, які називаються сепаратори. В різних типів акумуляторів вони бувають різні, але всі вони мусять відповідати таким вимогам:

1. запобігати контактові електродів між собою (коротке замикання);
2. бути добрими провідниками—не збільшувати помітно внутрішній опір акумулятора;
3. забезпечувати вільний вихід газів з електроліту на поверхню при “кипінню”;
4. забезпечувати достатню кількість електроліту біля додатних електродів, для обміну концентрації електроліту в середині і зовні електродів, під час заряджень і розряджень;
5. не руйнуватись від впливу сульфатно-кислотного електроліту.

Як бачимо—вимоги великі, але вони розв'язані таким чином: в стаціонарних акумуляторах електроди розділені між собою скляними паличками



або рурками, іноді вживають ебонітових або фібрових паличок. У всіх олив'яних акумуляторах переносного типу така сепарація (відділення) недостатня, і в них вживають сепараторів су-

Мал. ч. 3.

Від'ємні пластини. 2. Додатня пластина  
3. Сепаратори.

цільних (по величині електродів), одинарних або подвійних. На одинарну сепарацію вживають тоненькі дощечки з м'якого несмольного дерева (вільха, липа), з одного боку яких на невеликій віддалі один від одного прорізані жолобки, що служать для виходу газів а також для збільшення кількості електроліту біля додатнього електроду.

При вкладанні сепараторів між електроди, треба ставити їх обов'язково цими жолобками до додатніх електродів і прямовисно тому, що переважно з них виходять газу.

Іноді ставлять подвійну сепарацію, яка складається з дерев'яної дощечки і ебонітової хвилястої прокладки з густими дірочками, кріз які є вільний доступ електроліту і струму. Ця хвиляста прокладка теж мусить бути обов'язково біля додатніх електродів (див. мал ч. 3). Подвійна сепарація набагато краща за одинарну.

Тепер перейдемо до опису другого типу акумуляторів.

## ЗАЛІЗО-НІКЛЕВІ АКУМУЛЯТОРИ

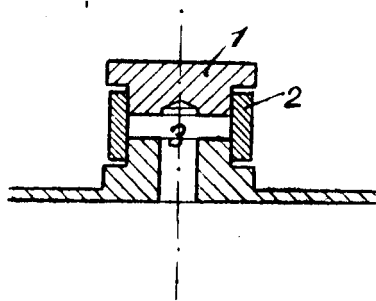
Останнім часом широко розповсюджені акумулятори, в яких замість олов'яних електродів вживають залізо-ніклевих. Вони мають назву лужних або Едісонівських (по прізвищу винахідника). Зовнішнім виглядом вони нагадують гальванічні елементи. Кислотні акумулятори вміщені у скляному або ебонітовому посуді, а лужні у залізному, який ззовні понікльований і покритий або луготривкими лаками, або парафіном, щоб запобігти корозії. Електроди в лужній акумуляторі збудовані з добре понікльованої залізної бляхи. Як активну масу для електродів беруть: для додатнього нікель II-гідроксид ( $2\text{Ni}(\text{OH})_2$ ), а для від'ємного — залізо II-гідроксид ( $\text{Fe}(\text{HO})_2$ ).

Для зменшення внутрішнього опору, до цих оксидів додають до активної маси: до додатнього електроду — 20% дуже тонких пластинок ніклю, а до активної маси від'ємного — до 10% оксиду живого срібла. Активна маса електродів впресована в коробочки (касети) або рурки (на додатнім електроді). Ці касети, або рурки з заліза, сильно понікльовані і дуже густо продірявлені (перфорація), або зроблені з ніклевої тонкої бляхи, теж продірявленої.

Крізь ці маленькі отвори електроліт заходить в середину касеток або рурок до активної маси. Одночасно має туди доступ і електричний струм. Електроди в посуді стоять дуже близько один від одного, вони ізолювані, як між собою, так і від зовнішніх стінок, ебонітовими прокладками з густими дірочками, або паличками (від зовнішніх стінок ізоляція без перфорації).

Коробочки або рурки з активною масою набрані в оправу, відповідно до розмірів електродів. Посуд, в який управлені електроди, герметично закритий. Назовні виведені лише вивідні контакти від електродів, ізолюваних від посуду. Для наливання електроліту є отвір, закритий спеціальним вентиляем (див. мал. 4), призначеним, щоб не допускати в середину повітря і випускати гази при заряджуванні.

Повітря має в своєму складі вуглекислий газ, який, попадаючи в середину посудини, з'єднується з електролітом і цим псує його, а акумулятор втрачає свою ємність. Тому отвір цей мусить бути



Мал. ч 4.  
Вентиль лугового акумулятора.  
1. Вентильна головка. 2. Гумове кільце. 3. Отвір для виходу газів.

завжди закритий. Ні в якому разі не можна знімати цих вентилів, і підчас заряджування (в кислотних акумуляторах навпаки: треба обов'язково під час зарядки знімати з отворів корки).

Електроліт в залізо-ніклевих акумуляторах складається з розчину калій-гідроксиду (KOH) у воді. Густота розчину 1,18 — 1,20. Як вода, так і ідкий калій, повинні бути зовсім чисті від домішок, інакше акумулятор втрачає свою ємність, а іноді й зовсім псується. Ні в якому разі не можна заливати лужних акумуляторів електролітом, призначеним для кислотних акумуляторів або навпаки. Навіть мала кількість кислот, яка попаде до лужних акумуляторів, псує їх зовсім.

Для одержання розчину електроліта концентрації 1,18 — 1,20 треба на літр води взяти 250—270 г. твердого безводного калій-гідроксиду. Якщо необхідно скласти електроліт іншої концентрації, можна користуватись наступною таблицею: (подані дані є на 1 літр води, при 15°C).

Питома вага розчину	Кількість KOH у гр.	Кількість KOH у % <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Питома вага розчину	Кількість KOH у гр.	Кількість KOH у % <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
1,15	200	17,6	1,23	308	25,1
1,16	213	18,6	1,24	322	26,1
1,17	226	19,5	1,25	335	27,0
1,18	242	20,5	1,26	349	28,0
1,19	255	21,4	1,27	363	28,9
1,20	269	22,4	1,28	376	29,8
1,21	282	23,3	1,29	388	30,7
1,22	295	24,2	1,30	402	31,8

Кожна рідина, при підвищенні або зниженні температури, змінює свою густоту. При підвищенні температури густота зменшується. Тому поданою таблицею можна користуватись при указаній температурі в 15° С.

Коли температура електроліту, який міряємо, більша або менша 15° С — необхідно зробити поправки: на кожні 10° вище 15, або нище 15, треба добавляти або віднімати по 1,025 (по питомій вазі).

При заряджуваннях і розряджуваннях, в залізо-нікелевих акумуляторах проходять такі хемічні реакції: електричний струм, що проходить через електроліт при заряджуванні, розкладає дві молекули калій-гідроксиду (KOH), на нікелевому електроді осідає кисень, який з'єднується з нікель II-гідроксидом  $2Ni(OH)_2$  і дає

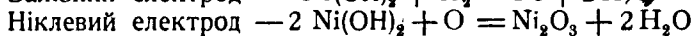
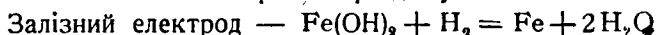
нікель III-оксид ( $\text{Ni}_2\text{O}_3$ ). На цей самий час на залізному електроді осідає водень і звільняє залізо з залізо — II-гідроксиду [ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ].

Одночасно з цим виділений калій з водою утворює дві молекули натрій-гідроксиду. На залізному електроді одна молекула води дисоціює, а на нікелевому — одна молекула асоціює.

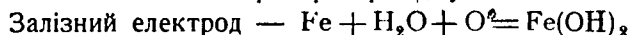
Склад електроліту від цього не міняється. Гідроксиль (ОН), що виділяється при цьому процесі з залізного електроду, з'єднується з ніклем. Електроліт в лужному акумуляторі є посередником в хемічних процесах, склад його підчас заряджування та розряджування не міняється, а тому його можна брати дуже мало, але завжди рівень його повинен бути на 10—12 мм. вище за електроди.

Низче подаємо хемічні реакції в акумуляторі:

При заряджуванні:



При розряджуванні:



Після кожних 3-4 заряджень до електроліту потрібно додати (взамін випаруваної) дистильованої води, а після 250—300 циклів заряджень і розряджень електроліт треба замінити новим.

Провідність електроліта в калій-гідроксиді або натрій-гідроксиду залежить від його концентрації. Найбільша провідність припадає на густоту 1,25. При збільшенні або зменшенні густоти провідність зменшується (Див. таблицю).

Кількість КОН або NaOH у %/о/о	Питома вага	Питома провідність		Температур- ний коефіці- єнт КОН	Температ. коефіцієнт NaOH
		КОН	NaOH		
5	1,0460	1,750	1,969	0,0186	0,0201
10	1,0895	3,140	3,125	0,0188	0,0217
15	1,1365	4,230	3,495	0,0191	0,0249
20	1,1845	5,040	3,270	0,0198	0,0299
25	1,2320	5,400	2,715	0,0209	0,0368
30	1,2810	5,390	2,020	0,0222	0,0450

При малій густоті електроліту взаємодія між електролітом та активною масою електродів слаба, а внутрішній опір великий, а через те акумулятор має малу ємність.

При великій густоті електроліту активна маса від'ємних платівок (з заліза), залізо посудин і збірочної арматури розчи-

няється, посилюється виділення повзучих солів, посилюється випаровування електроліту. Тому нормальна щільність електроліту (для КОН) буде 1,18—1,20 при нормальній температурі (від 0°C. до 25°C. і від 0 до —10°C).

При потребі праці акумулятора при високих температурах необхідно вважати на такі моменти:

а) При підвищеній температурі електроліту опір зменшується приблизно на 2% на 1° збільшення.

в) Ємність акумулятора через покращення праці від'ємного електрода (тому що активна маса розпушується і краще проходять хемічні процеси) збільшується на 0,5-0,6% на кожний ступень підвищення температури. Але це покращення праці йде до певної межі. Температура в 37°-38° є критичною: далі підвищення температури та збільшення зарядо-розрядних циклів зменшує ємність. Тому то, коли доводиться працювати при вищих температурах, потрібно вживати електроліт не з КОН, а з NaOH. Їстоту електроліта потрібно знижувати до 1,16-1,18. Необхідно пильніше слідкувати за випаровуванням води і своєчасно доливати її до відповідного рівня.

Зарядження провадити по ночах при низчій температурі, частіше робити перезарядження, приблизно через 5—7 циклів, але не рідше як через 15—20 днів. До t. 45°C — користуватись акумуляторами ще можна, але при вищій температурі ємність їх різко і безповоротно зменшується, вище цієї температури вони мають настільки малу ємність, що стають майже зовсім непридатні.

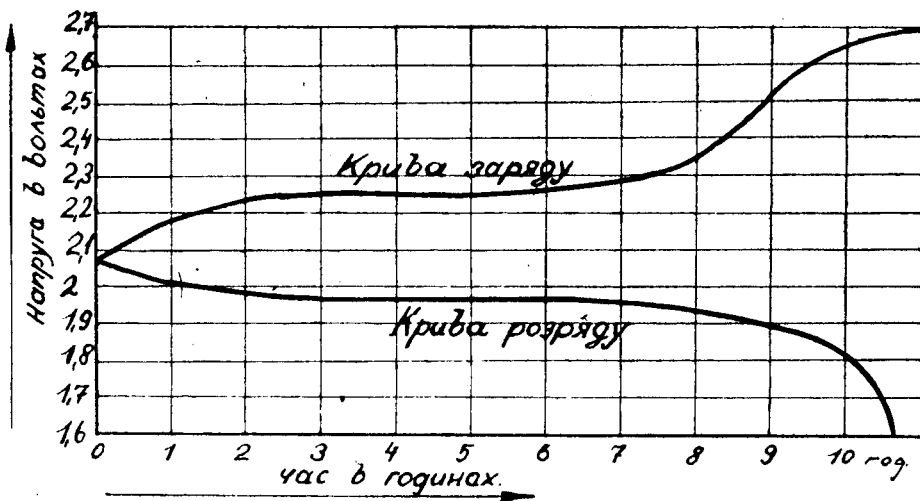
Досліди над акумуляторами, в яких електролітом був розчин, "KOH", через 200 циклів (заряджень і розряджень) при підвищеній температурі, показали, що акумулятор знизив ємність з II ампер-годин до 3-х ампер-годин. При таких же умовах, акумулятор з електролітом "NaOH", знизив свою ємність із II ампер-годин до 8 ампер-годин.

Переходячи на працю при низьких температурах, необхідно замінити електроліт з "NaOH" на "KOH". Акумулятори з електролітом з КОН при низьких температурах працюють краще, ніж з NaOH.

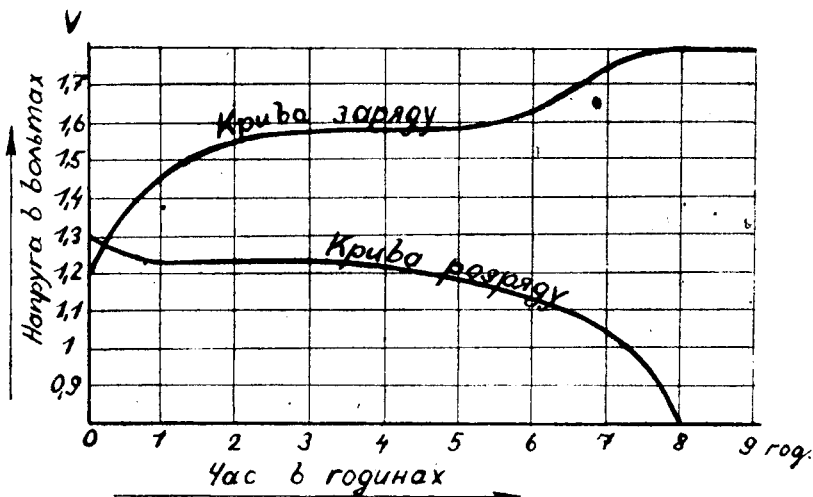
## НАПРУГА ТА ЄМНІСТЬ АКУМУЛЯТОРІВ

Напруга акумуляторів (лужних та кислотних), як під час зарядження, так і під час розрядження, дуже мінлива (див. мал. ч. 5-6 на стор. 27).

При замкненні електричного струму на заряд, один елемент кислотного акумулятора має напругу 2,1—2,2 V. Далі, зі збіль-



Мал. 5. Крива заряду і розряду кислотного акумулятора.



Мал. 6. Крива заряду і розряду лугового акумулятора.

шенням часу зарядки, напруга поволі підвищується і, коли досягне 27 V, тоді акумулятор заряджений вповні. Вище цієї напруги в нормальному акумуляторі не сягає. Іноді бувають випадки, що після замкнення на заряд напруга відразу сягає до 2,5—3V. Це



є показник того, що електроди не є в належному стані (сульфатовані), та що треба відразу вжити заходів для усунення цього дефекту (дивись далі), коли це можливо, відповідним перезарядом, або, коли це не можливо (при дуже великій сульфатції), замінити електроди новими. Якщо напруга зарядження акумулятора не більша 2 V, то це показник, що між електродами є коротке замикання (з'єднання електродів + та — між собою), або через грубу верстув осілої на дно посуду активної маси з електродів, або через зіпсовані сепаратори. В таких випадках необхідно відразу припинити заряджування та усунути дефект.

В залізо-ніклевім акумуляторі напруга нижча, вона дорівнює всередньому 1,23 V, а при розрядженні падає до 1,15 V. При повному заряді вона досягає до 1,35—1,45 V. Досягнення напруги 1,45 V. при зарядженні є показник того, що акумулятор насажений повністю і зарядку треба припинити. При цій напрузі акумулятора виділяється багато газів. Досягнення напруги 1,45 V та “кипіння” єдині показники повного зарядження залізо-ніклевих акумуляторів, тоді як в кислотних, по питомій вазі електродоліту, можна визначити не тільки кінець зарядження, а навіть підчас розрядження, (маючи на увазі, що при повнім заряді електродоліт має питому вагу біля 1,32, а при повнім розряді 1,12), сказати наскільки акумулятор розряджений, або скільки ще є в ньому ампер-годин енергії.

Кількість електричної енергії, яку спроможний віддати акумулятор підчас розряду, називається його ємністю. Ємність акумуляторів рахується в ампер-годинах. Напр., якщо якийсь акумулятор розладовуючись давав електричний струм силою в 5 ампер на протязі 10 годин, при чому напруга його під кінець розряду впала до 1,8 V (в кислотному), то його ємність =  $5A \times 10 \text{ год.} = 50 \text{ ампер-годин}$ .

В кислотних акумуляторах ємність дуже залежить від сили розрядного струму. Практично встановлено, що нормальна сила розрядного струму повинна бути не більша як 1/10 його ємності. Тільки при цих умовах можна використати весь запас його енергії. Наприклад: акумулятор з ємністю 200 ампер-год. розряджувався на протязі 10 годин струмом в 20 ампер, якщо ж цей акумулятор розряджати струмом в 100 ампер, то його напруга впаде до 1,8 V уже на протязі 1,5 год.; отже, його ємність при цім розряднім струмі буде =  $100 \text{ ампер} \times 1,5 \text{ год.} = 150 \text{ ампер-годин}$ .

В залізо-ніклевих акумуляторах ємність не залежить від сили розрядного струму, а тому в них величина розрядного струму може бути на багато вища, ніж в кислотних, при однаковій ємності. Вони не бояться навіть короткого замикання на выводах. Але цього не можна допускати, тому що при короткому

замиканні запас його енергії раптово витрачається безкорисно.

Слід відмітити також, що ємність в кислотних акумуляторах залежить від ваги електродів. На один кг. ваги електродів припадає приблизно 10 ампер-годин, наприклад: треба визначити ємність кислотного акумулятора в акумуляторній батареї вагою 30 кг., і напруги 6 в. 30 кг. це є вага 3-х акумуляторів (напруга 6 в), отже 1 акумулятор важить  $30:3=10$  кг.; а звідси ємність  $= 10 \text{ кг.} \times 10 \text{ амп.-год.} = 100$  ампер-годин. Отже, його ємність і буде приблизно 100 ампер-годин. Щоб визначити його ємність точно, треба після повного заряду зміряти величину його розрядного струму і час, на протязі якого розрядження провадилось до спаду напруги на 1,8V, але ця величина розрядної сили струму не повинна бути більша, як вище обраховано (не більша 1/10 ємності обрахованої по вазі 1 акумулятора). Кожна фірма, що виробляє акумулятори, завжди зазначає його ємність при 10 годинному розряді. Цими даними фірми треба користатись і, лише коли вони страчені, треба обраховувати ємність за неведеними прикладами. Дуже часто на практиці ємність вживаних акумуляторів не відповідає ні тій, що зазначена фірмою, ні обрахованій по вазі. Це залежить від стану електродів (або електроліту). Якщо електроди сульфатовані, то такий акумулятор нормальної ємності не буде мати. Те саме буде, коли буде внутрішнє коротке замикання електродів, або зіпсований електроліт і т. д.

Акумулятори ніколи не віддають всієї тієї енергії, яку витрачають на їх заряд, а лише 70 - 80% її. Відношення ємності, відданої акумулятором при розрядженні, до ємності, одержаної ним при зарядженні, називається коефіцієнтом корисної дії акумулятора по ємності.

В акумуляторах розглядають ще коефіцієнт корисної дії по енергії. Є це відношення енергії, виданої ним при розрядженні, до енергії, затраченої на його заряд. Енергія джерел струму вимірюється добутком потужності на час, а потужність — добутком величини струму на напругу струму. Як енергія, затрачена на заряд, так і енергія, затрачена на розряд (за час розряду або заряду), не є сталою, тому то для обрахунків беруть середні значення зарядних і розрядних напруг.  $\text{ККД}^*) = \text{добутковій ККД по ємності на відношення середньої напруги при розряді до середньої напруги заряду.}$

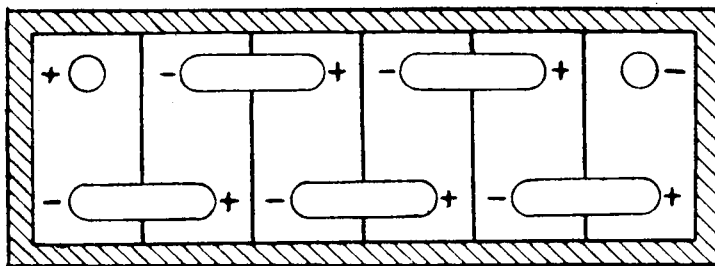
---

\*) ККД Коефіцієнт Корисної Дії.

## З'ЄДНАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ У БАТЕРІЇ

Як і гальванічні елементи, акумулятори можна з'єднувати, по декілька, в батареї. Кислотні акумулятори дають при розряді напругу в середньому  $2V$ , при розрахунках треба цим і користатись. Наприклад: щоб досягти напруги  $12V$ , треба послідовно (див. мал. ч. 6.) з'єднати 6 елементів-акумуляторів. Коли ми маємо лужні акумулятори, то 6 елементів буде мало, через те, що напруга лужного акумулятора в середньому  $1,23V$ , отже на  $12V$  треба  $12 : 1,23 = 9,85 = 10$  акумуляторів.

Рівнобіжне з'єднання акумуляторів в батареї застосовується дуже рідко. Акумулятори мають внутрішній опір дуже малий



Мал. ч. 7. Послідовне з'єднання окремих акумуляторів у батарею на  $12v$ .

(соті або тисячні частини ома), через те вони дають струм дуже високої величини (в стартерних до  $1000$  ампер), отже, немає потреби з'єднувати їх рівнобіжно як гальванічні елементи. Рівнобіжним з'єднанням досягається більшої величини струму. Практично зустрічається завжди з'єднання послідовне, на напругу  $6v - 12v - 24v$  і лише рідко на більшу напругу. Теперішнє електричне устаткування авт, мотоциклів, літаків має напругу  $6 - 12 - 24v$ . В радіо-практиці зустрічаються часто акумулятори на  $2v - 4V$  (батерії розжарювання та анодні батерії на  $40v - 80v$  і  $100v$ ). Всі з'єднання в батерії в них тільки послідовні. При сполученні акумуляторів у батерії необхідно пам'ятати такі правила:

1. В батерії можна з'єднувати лише елементи однакової ємності.

2. При однаковій ємності, зазначеній на акумуляторах, треба перевірити їх фактичну ємність і лише тоді, коли упевнимось, що ємність однакова, можна з'єднувати їх в батерії.

Чому це так? Наприклад, візьмемо 3 елементи акумуляторів з різною ємністю: 1-й — 10 амп.-год., 2-й — 20 амп.-год., і 3-й — 30 амп.-год. і з'єднаємо їх послідовно. На який акумулятор орієнтуватись при підборі величини зарядного струму? Якщо на перший, то ця сила повинна бути 1 амп., на 2-й — 2 амп. на 3-й — 3 амп. Якщо зорієнтуємось на перший, то матимемо дуже велике збільшення часу зарядки в 2-м і 3-м елементі. Але це — пів біди. Головне в тому, що перший акумулятор зарядиться повністю, другий на половину, а третій на  $1/3$ , і, коли ми будемо продовжувати час зарядки, щоб зарядились повністю 2-й і 3-й, то заряджений повністю перший буде в цей час “кипіти”, і при закінчуванні заряджування у всіх елементах з першого випарується майже вся вода електроліту, з другого випарується половина її. Випарується лише вода, сульфатна кислота залишиться, концентрація її збільшиться і, як наслідок, зруйнуються електроди (від перезаряду та від високої концентрації кислоти в електроліті).

Тепер припустимо, що ми слідкували за зарядом, весь час добавляли воду замість випаруваної, і всі три елементи зарядили, або заряд провадили кожного елемента зокрема. Після заряду поставимо їх на розряд. Яку розрядну величину струму ми зможемо брати? 1, 2 чи 3 амп. Припустимо, що візьмемо 1 амп. і будемо розряджати; перший елемент віддасть весь свій запас енергії за 10 год., тоді як другий матиме ще половину, а третій матиме дві третини енергії. При дальшому розряді струм даватимуть решта 2 елементи і будуть заряджати перший (розряджений), але через те, що з'єднання в них послідовне, то воно в них буде зворотне зарядному, і перший елемент (10 амп.-год.) переполюсується, де був додатній електрод — стане від'ємний і навпаки — від'ємний стане додатнім. Напруга його почне зростати, але вона буде в зворотньому напрямку до зарядної (з 2-го та 3-го елемента). Частина напруги піде на переборення цієї зворотньої напруги в першій елементі, а тому у всій системі буде уже не 6 в розрядної напруги, а менше ( $6 - 2 = 4$  в). При дальшому розрядженні матимемо ще розрядний струм доти, доки не витратиться вся енергія 2-го елемента, і його напруга буде зростати в зворотньому напрямку. В цей час перший елемент буде уже переполюсований і заряджений в зворотньому напрямку, другий розрядиться зовсім, а третій матиме ще  $1/3$  запасу початкової енергії. Отже вся система зрівноважиться і, хоча в першому і третьому акумуляторах буде ще велика кількість енергії (в зворотніх напрямках), ми її уже не одержимо. Наслідок: один елемент акумулятора буде зіпсований (переполюсований) і невикористання всієї енергії. Це саме буде і в батареї з

3-х акумуляторів з однаковою ємністю, зазначеною на них фірмою, якщо один з них втратив свою ємність (недостача електродів, зруйновані електроди, коротке замкнення, сульфатація електродів). Щоб уникнути цього, треба, як під час зарядження, так і розрядження, слідкувати за справністю окремих елементів — акумуляторів в батареї, і ні в якому разі не збирати з елементів різної ємності (як виправляти недоліки окремих елементів буде подано далі). В справності батареї акумуляторів легко впевнитись при зарядженні, залучивши вольтметр окремо до кожного елемента батареї: він повинен показати однакову напругу в кожному елементі. Це треба зробити і під час розряду (а не тоді, коли струм вимкнутий), час від часу міряючи напругу кожного елемента. Рівна напруга у всіх елементах батареї показує, що батарея цілком справна.

З'єднуючи окремі елементи акумуляторів в батареї, слід пам'ятати, щоб перекрій проводів, якими з'єднуються окремі елементи, не був Це легко обрахувати, виходячи з того, що на кожній квадратний мм. поперечного розрізу мідного дроту можна допускати навантаження не більше 6 амперів. Норма навантаження мідного дроту з поперечним перекроєм  $1 \text{ мм}^2$  є 12 ампер. Але зі збільшенням діаметру, навантаження меншає, бо теплота з середини товстих дротів виводиться на поверхню гірше. Напр., стартерний акумулятор для авта, під час розрядження, в стартер дає струм — 600 амп., отже мідний провід, для з'єднання повинен бути  $600 : 6 = 100 \text{ мм}^2$ . Коли ми будемо з'єднувати акумулятори між собою олов'яними проводами, то цю норму навантаження треба зменшити вдвоє: на  $1 \text{ мм}^2$  треба рахувати не 6 амп., а 3 амп. З'єднання акумуляторів у батареї мідяними провідниками трапляється дуже рідко, а коли й буває, то мідяний провід буває покритий олов'яною оболонкою, щоб охоронити його від сульфатної кислоти, яка роз'їдає мідяні провідники. Тому, майже у всіх батареях з'єднання (перемички) зроблені з олова. При розрядженнях акумуляторів великим струмом (стартерні батареї) добре треба слідкувати за кінцівками провідників, які приєднуються до виводних затисків (борнів), а також і за самими затисками акумулятора, завжди тримати їх чистими від оксидів, щоб мати надійні контакти і не витрачати енергії на нагрівання, що буває завжди при поганому контакті (перехідний опір).

## ЗАРЯДЖЕННЯ АКУМУЛЯТОРІВ

### а) джерела зарядного струму.

Зарядку акумуляторів можна робити тільки сталим струмом. Змінний струм, не випростований для цієї мети, непри-

датний через те, що він міняє свій напрям. Для зарядки акумуляторів придатні джерела постійного струму — динамо-машини, також можна вживати гальванічні елементи. Це останнє джерело електричного струму для заряджування акумуляторів вживається дуже рідко. При підборі джерела зарядного струму треба урахувати напругу як джерела, так і акумулятора.

Раніш ми зазначили, що кислотний акумулятор (один елемент) під кінець зарядження дає напругу в  $2,7\text{v}$ , отже напруга батареї з 6 елементів-акумуляторів, під кінець заряджування буде  $2,7 \times 6 = 16,2\text{ v}$ . Напруга зарядного струму не може бути низча від найвищої напруги батареї акумуляторів, що її заряджаємо, а вища за неї на 1-2 v. Теперішня автопромисловість виробляє дуже добрі динамо-машини, призначені виключно для заряджування акумуляторів. Ними устатковане кожне авто. Слід тільки звертати увагу, на яку напругу динамо-машина: на цю, а не вищу напругу треба ставити і батарею. Більшість таких динамо-машин має 3 щітки, одна з яких рухома. Рухаючи її за ходом якоря, ми збільшуємо величину струму, що його виробляє динамо і навпаки. Ці зарядні динамо-машини збудовані так, що величина їх струму не залежить від обертів якоря динамо. При 600—900 і вище обертах вони дають досить сталу величину струму, на яку вони зрегульовані третьою регульовальною щіткою. Іноді ця третя щітка робиться нерухомою, якщо мається на меті заряджати тільки одну ємність акумуляторів. Практично це провадиться так: машина пускається в рух на нормальні оберти і на ходу пересувають 3-ю щітку доти (вперед або назад), доки амперметр не покаже необхідну кількість амперів (одну десяту ємності заряджуваного акумулятора). Якщо є електрична освітлювальна мережа  $110\text{ v}$  на сталий струм, то можна заряджувати акумулятори безпосередньо від неї, але в коло треба влучити відповідний опір, щоб зменшити струм і не зіпсувати акумулятора.

Якщо ми не маємо джерела постійного струму, а є тільки змінний, то можна його випростати на постійний струм при допомозі випростувачів (про будову їх буде подано далі) і після цього можна заряджати ним акумулятори.

### б) Добір опорів.

Електричний струм завжди зустрічає певний опір провідника. Цей опір може бути більший або менший, в залежності від матеріалу провідника, від його поперечного перекрою та в деякій мірі й від температури провідника. Найліпшим провідником електричного струму є срібло, але цей метал занадто коштовний

на дроти. За сріблом іде щодо електропровідності чиста мідь, яка має лише трохи меншу провідність ніж срібло. Як досить гарний провідник і, порівнюючи з сріблом, багато дешевший, мідь є переважно матеріалом на електричні провідники. За міддю щодо електропровідності йде алюміній. Останнім часом, коли виробництво алюмінію подешевшало, алюмінієві провідники, як багато дешевші за мідяні, займають щораз то більше місця в електротехніці. Поруч з гарними провідниками є провідники не дуже добрі, вони мають більший питомий опір, гірше проводять електрику. До них належать: залізо, сталь і стопи—хромонікель, константин, реотан, нове срібло, ніхром, манганін, крупін і др. З останніх переважно і роблять опори (реостати), тому що вони мають найбільший питомий опір. Нижче подана коротка табличка матеріалів з зазначенням їх питомого опору та питомої провідності при температурі 18°С.

Користуючись цією табличкою, та знаючи матеріал дроту, можна вирахувати відповідні опори для зарядження акумуляторів.

№№	Матеріали	Питомий опір в омах провідника довжиною 1 м. з поперечним перекроєм 1 mm <sup>2</sup> .	Питома провідність.
1	Срібло	0,016	62,5
2	Мідь хемічно чиста	0,0162	61,7
3	Мідь	0,017	58,8
4	Золото	0,023	43,5
5	Алюміній	0,032	31,3
6	Цинк	0,061	16,4
7	Олово	0,21	4,8
8	Залізо	0,09—0,15	6,7,—11
9	Живе срібло	0,958	1,044
10	Графіт	13	0,07
11	Нове срібло	0,3	3,3
12	Нікелін	0,42	2,4
13	Константан	0,48	2,1
14	Манганін	0,42	2,4
15	Крупін	0,8	1,25

В практиці всі виміри провадяться певними одиницями, напр., метром, кілограмом, літром і т. д. За одиницю опору в електротехніці прийнятий 1 Ом ( $\Omega$ —омега). Він дорівнює опором стовпа живого срібла довжиною 106,3 см. з площею поперечного перекрою 1 мм<sup>2</sup> при температурі 0°С.

Порівнюючи з цим опором опори різних матеріалів, можна довідатись в скільки разів їх опір є більший або менший ніж опір живого срібла, при однаковій довжині (1 метр) та перекрою ( $1 \text{ м}^2$ ). Це відношення опорів провідників до опору такої самої довжини і глибоки живосрібного стовбця називається питомим опором, Величину обернену називають питомою провідністю. Напр.: якщо питомий опір олова є 0,21, то його питома провідність  $= \frac{1}{0.21} = 4,8$ . Подана раніше таблиця питомого опору матеріалів дозволяє вирахувати опір провідників з цих матеріалів, знаючи довжину та площину поперечного перерізу цього провідника. Цей опір в омах дорівнюється:

$$\text{Питомий опір} \times \frac{\text{довжина (в м.)}}{\text{площа поперечного перерізу.}}$$

Потрібний опір можна виготовити з кожного провідника, але на той самий опір потрібно застосовувати провідник різної довжини, що не завжди вигідно з практичних міркувань будови реостатів, наприклад: щоб мати опір на 50 ом, треба взяти:

$$50 : 0,017 = 2906 \text{ метрів мідного, або}$$

$$50 : 0,12 = 416,6 \text{ метрів залізного, або}$$

$$50 : 0,42 = 119 \text{ метрів; нікелінового дроту з площею поперечного перекрою } 1 \text{ мм}^2, \text{ або}$$

$$50 : 13 = 3,85 \text{ метра графітового з такою самою площею перекрою.}$$

З цих прикладів ясно, що вигідніше мати опір з нікеліну ніж з міді, та що з 119 метрів легше зробити реостат ніж з 2906 метрів міді, і коштуватиме він дешевше.

Підбираючи відповідні опори, необхідно завжди пам'ятати, якої величини струм (ск. ампер) буде проходити через цей провідник, тому що тонкий провідник буде сильно нагріватися і проводити до зайвої витрати енергії, а товстий мусів би бути дуже довгий і дорогий. Щоб підібрати відповідний опір, необхідно знати, який поперечний перекрій провідника скільки може пропускати ампер струму без помітного нагрівання. Подана на ст. 36 таблиця навантаження дає уявлення про це.

До цього треба додати, що напруга електричного струму, величина струму та опір провідників цілком залежні між собою. Якщо через якийсь провідник з сталим опором пропускати струм різної напруги, то чим більша буде напруга, тим більша буде величина струму. Отже, між напругою та величиною струму є пряма залежність. Якщо ми будемо міняти опір провідника, не міняючи напруги, то чим більший буде опір, тим менше пройде струму і навпаки. Опір і величина струму залежні між



Поперечний переріз провідників в $\text{mm}^2$ .	Навантаження в амперах:			
	Мідяні провідники	Залісні	Нікелінові	Хромо-нікелеві
0,5	6	3	2,5	1,5
1	11	5	4,5	2,7
1,5	14	6,5	5,5	3,8
2,5	20	8	7,5	5
4	25	10	10	6,5
6	31	12	12	12
10	43	17	20	15

собою не прямо. Ця залежність обраховується за формулою Ома так:

1. Напруга в вольтах = величині струму в амперах  $\times$  на опір в омах;
2. Величина струму в амперах = напрузі в вольтах поділений на опір в омах;
3. Опір в омах = напрузі у вольтах поділений на величину струму в амперах;

$$\text{відповідно: } V = AR; \quad A = \frac{V}{R}; \quad R = \frac{V}{A}.$$

Тепер спробуємо на прикладах вирахувати необхідні опори для зарядження акумуляторів від мережі сталого струму в 110 V.

1. Маємо акумулятор ємністю в 20 амп. год. Зарядний струм необхідно мати 2 амп. ( $1/10$  його ємності). Який потрібно влучити опір, щоб мати цей струм?

Шукаємо по формулі Ома, чому дорівнює опір:  $R = \frac{V}{A}$ , напруга у нас 110 V, а величина струму потрібна 2A, отже потрібно опір:

$$110 : 2 = 55 \text{ ом.}$$

Припустімо, що ми маємо для опору залізний дріт з поперечним перерізом в  $0,2 \text{ mm}^2$  (цей переріз буде відповідати для струму в 2A). Яку треба взяти довжину цього залізного дроту, щоб мати 55 ом опору? Пригадаємо з попереднього, що опір

провідника = питомому опорів  $\times \frac{\text{довжину}}{\text{площу поперечного перерізу}}$

$$\text{Питомий опір заліза в середньому} = 0,12$$

$$\text{Площа поперечного перерізу} = 0,2 \text{ м/м}^2$$

$$\text{Опір всього провідника} = 55 \text{ ом}$$

Невідома довжина, яку треба знайти: .

$$\text{Складаємо рівняння} — 0,12 \cdot \frac{X}{0,2} = 55 \text{ ом}$$

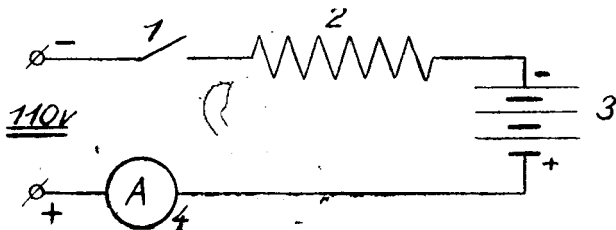
$$\text{Звідки} \quad X = \frac{55 \cdot 0,2}{0,12} = 91,6 \text{ метра.}$$

При залізному провіднику треба взяти 91,6 м. дроту з поперечним перерезом  $0,2 \text{ mm}^2$ .

Скільки метрів нікелінового дроту з площею поперечного перерезу  $0,2 \text{ mm}^2$  треба взяти, щоб мати опір на 55 ом? За цим же рівнянням обраховуємо: (навантаження на залізо і нікелін приблизно однакове)

$$0,42 \cdot \frac{X}{0,2} = 55 \text{ ом.} \quad X = \frac{55 \cdot 0,2}{0,42} = 25,2 \text{ метра.}$$

Обраховану нами довжину провідника для опору, для зручності, скручуємо в спіралю і влучаємо в коло (див. мал. ч 8).



Мал. ч. 8.

Схема влучення акумулятора для зарядки в коло постійного струму.  
1. Вмикач. 2. Опір. 3. Акумулятор. 4. Амперметр.

Необхідно лише подбати, щоб як опір, так і провідники, влучені від мережі, були добре ізольовані від землі та інших предметів.

За цими прикладами обраховується необхідний опір на різну ємність акумуляторів.

Не завжди можна мати під руками необхідні провідники для опорів, та і збудувати добрий опір — реостат не кожний зуміє, тому що для цього потрібне відповідне приладдя та ізоляційні матеріали. А через те дуже часто користуються опором звичайних електричних лампочок, будуючи з них необхідні реостати. Це дуже спрощує розрахунки та будову самого приладу.

Кожна електрична лампочка розрахована на певну потужність і напругу; які на ній фірмою завжди зазначаються. Потужність завжди визначається в ватах (W), а напруга у вольтах (V). Обраховується потужність добутком напруги (у вольтах) на величину струму (в амперах), напр.: маємо лампочку в 50 W на напругу 110 v — яку величину струму забирає ця лампочка? Якусь кількість ампер помножимо на 110 v і одержимо 50 W; отже —

$50 : 110 = 0,45$  амп. (приблизно). За цим прикладом можна обрахувати кожну лампочку. Для зручності нижче подається таблиця різних, найбільш вживаних ламп, користуючись якою можна підібрати необхідну величину струму з комбінації влучення декількох дямп. Слід тільки пам'ятати, що яка є напруга в освітлювальній мережі, на таку треба брати й лампи.

Потужність лампи у ватах.	Для напруги в 110 в величина струму в А.	Для напруги 220 в величина струму в А.
15	0,14	0,07
25	0,23	0,11
30	0,27	0,13
40	0,36	0,18
50	0,45	0,22
100	0,9	0,45
150	1,39	0,68
200	1,81	0,9
500	4,54	2,27

Розрахунок провадиться так: припустимо, що треба скласти опір для зарядки акумулятора ємністю в 20 амп.-год. від мережі в 110 в.

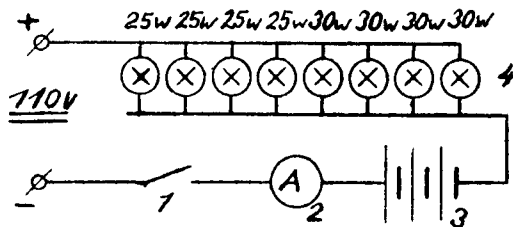
Величина зарядного струму має бути рівна  $1/10$  його ємності, себто  $20 : 10 = 2$  амп. Щоб мати зарядний струм такої величини згідно з наведеною таблицею, треба 4 лампи потужністю по 25 W і 4 лампи по 30 W і влучити їх паралельно, тоді матимемо якраз величину струму — 2 амп. Або можна взяти одну лампу на 200 W і одну на 15 W, тоді будемо мати струм приблизно 2 амп. (1,95 А). Влучати лампи треба обов'язково паралельно, а не послідовно, бо при послідовному влученню мафимемо зменшену величину струму. Як треба влучати лампи, показано на схемі (мал. ч 9 на стор, 39).

Скласти такий опір самому не важко, слід тільки придбати декілька лампових патронів (не висячих), пришрубувати їх на відповідну дошку і влучити за схемою. Підбираючи відповідні лампи, можна завжди мати струм потрібної величини.

Заряджування акумуляторів від освітлювальної мережі постійного струму з напругою в 110 в або 220 в є дуже не економічне, бо акумулятори, які найчастіше вживаються, мають напругу від 2-24 в, і для них потрібна напруга від 3-35 в. Решту напруги з освітлювальної мережі перетворюється дрововим або ламповим опором на не завжди потрібне тепло або світло. З цих

міркувань заслуговує на увагу зарядження акумуляторів через опір нагрівних приладів — електричних кухонок та прасок. Тепло, яке вони віддають, можна використати на приготування їжі, або прасування. Обрахунок провадиться за прикладом лампового опору. Для цього

треба тільки знати потужність нагрівного приладу у ватах, наприклад: 1) є кухонка на 110 v потужністю 500 W. Величина струму, що проходить через провідник кухонки  $= 500 : 110 = 4,54$  амп. Отже через цей опір можна заряджати акумулятор ємністю в 45 ампер-год.; 2) є праска з потужністю 200 W і напругою 110 v. Величина струму буде  $= 1,81$  амп. Ця величина буде достатня для зарядки акумулятора ємністю в 20 амп.-год. і т. д.



Мал. 9.

Схема влучення акумулятора для зарядки в коло постійного струму, через ламповий реостат. 1. Влучник. 2. Амперметр. 3. Акумулятор. 4. Реостат.

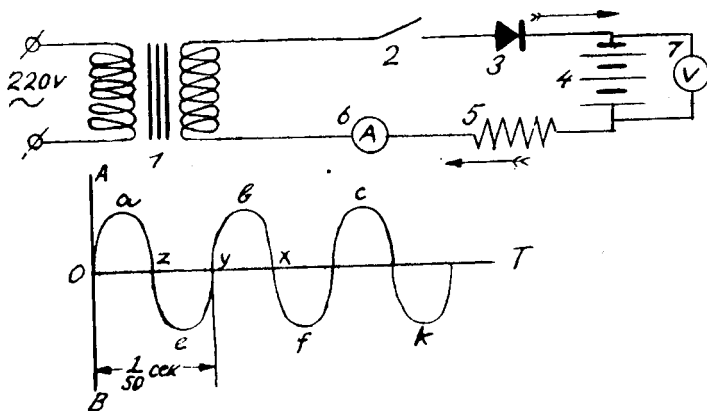
### в) Зарядження акумуляторів від мережі змінного струму.

Постійний струм, як джерело освітлення, тепер вживається дуже рідко, бо передача електричної енергії на великі віддалі у вигляді постійного струму економічно не вигідно. Електричні мотори сталого струму дорожчі ніж мотори на змінний струм при однаковій потужності. Теперішні великі електростанції виробляють тільки змінний струм і передають його на десятки і сотні кілометрів до споживачів. Всюди по містах є освітлювальні мережі змінного струму на 220 v. В такому вигляді, в якому застосовуємо струм для кухонок, ламп, моторів, не можна вживати його для зарядки акумуляторів з тієї причини, що він міняє свій напрям кожної секунди багато разів (найчастіше 50 раз на секунду). Коли ми влучимо в мережу змінного струму акумулятор, то на електродах не буде стало додатніх та від'ємних зарядів. Ці заряди 50 разів на секунду мінятимуться від додатнього до від'ємного, і хемічні перетворення, що їх зробить струм за 1/50 секунди додатньої наснаги, за слідуочі 1/50 секунди від'ємної наснаги, знівельються, — отже ніякого заряду не буде.

Для того, щоб скористатися змінним струмом для зарядки

акумуляторів, необхідно його випрямити так, щоб цей струм не міняв свого напрямку, а йшов лише в один бік.

Є декілька способів випрямлення змінного струму на постійний, але ми зупинимось лише на тих, що мають найбільше поширення в практиці—це випростувачі: живосрібний, газотронний, купроксний та селеновий. Ці випростувачі дуже прості у вжитку, не мають деталей, які крутяться, а тому при умілій експлуатації вони служать дуже довгий час. Як проходить випрямлення струму в кожному з них, розглянемо зокрема, але передусім, щоб мати повне уявлення про їх працю, необхідно спочатку розглянути схеми для випростовування змінного струму. На практиці, у вжитку по містах і селах, ми можемо зустрінути змінний струм однофазовий і трифазовий. Яка різниця між ними — це не входить в наше завдання, але принципальні схеми випростовування однофазового і трифазового струму необхідно знати. Коротко розглянемо ці схеми:

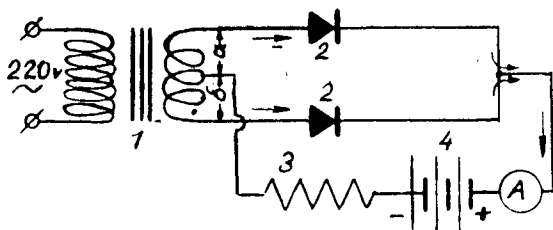


Мал. ч. 10.

Схема влучення для зарядки акумулятора в сітку змінного струму  
1. Трансформатор. 2. Вмикач. 3. Випростувач. 4. Акумулятор. 5. Опір  
6. Амперметр. 7. Вольтметр.

На малюнку ч.10 подана сама проста схема однофазового випростувача і рядом синусоїда змінного струму. В мережу 220 v (— позначення змінного струму) ввімкнутий трансформатор, який знижує напругу до потрібної. До вихідних затисків трансформатора послідовно приєднані випростувач “3” і акумулятор “4”. Випростувач “3” пропускає струм лише в один бік, показаний стрілкою, тому струм в замкнутому колі буде йти весь час лише в одному напрямі, але цей струм буде не

безперервний. На мал. ч 10 по сіносоїді ми можемо прослідкувати, який це струм. Зазначений випростувач пропускає лише додатню наснагу, отже додатня частина кривої О, А, Z від "О" до "А" весь час збільшує свою напругу (від "О" до найбільшої напруги (максимуму), а від "А" до "Z" — зменшує її (від найвищої напруги до "О"). Слідом за додатньою йде від'ємна наснага, Z, Е, У, але випростувач уже не пропускає цієї частини від'ємної наснаги і в заряді акумулятора "4" наступає перерва, доки в мережу не прийде вдруге додатня наснага наступного періоду "У", В, Х" і т. д. В акумулятор поступає тільки додатня наснага, яка показана від прямої "ОТ" вгору, поштовхами з перервами. Якщо це буде струм на 50 періодів на секунду, то в тому випадку ми одержимо 50 поштовхів (пульсацій) на одну секунду. Час дії додатньої наснаги на акумулятор триває лише половину секунди. Від цього і час наснаги акумуля-



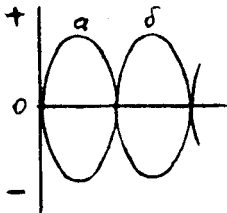
Мал. 11.

Схема однофазного двохпівперіодного випростувача.  
1. Трансформатор. 2. Випростувачі. 3. Опір 4. Акумулятор.

тора треба збільшувати вдвоє в порівнянні з часом, потрібним для наснаги безперервним струмом. Безумовно ця схема випростовування не заслуговує великої уваги, і нею можна користуватися лише в крайньому випадку, коли час зарядження не грає ролі.

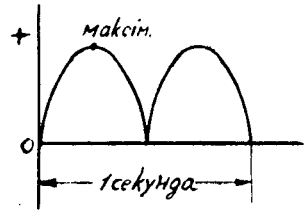
Цілком добре працює випростувач, складений на схемі, приведений на мал. ч. 11, яка називається однофазною двопівперіодною. На цій схемі середній вивід від вторинної обвитки трансформатора приєднаний через опір до акумулятора, який треба зарядити. Як початок, так і кінець вторинної обвитки трансформатора приєднані до 2-х випростувачів (обов'язково до однакових затисків випростувачів), вихідні провідники від обох випростувачів з'єднані разом і приєднані до + акумулятора. Вивід від середньої точки вторинної обвитки трансформатора

дозволяє використовувати обидва півперіоди струму в одному напрямку, як це показано графічно на синусоїді (мал. ч. 12), де плюсовий півперіод від частини 2-ї обвитки трансформатора



Мал. 12.

Сінусоїда змінного двохпівперіодного струму.



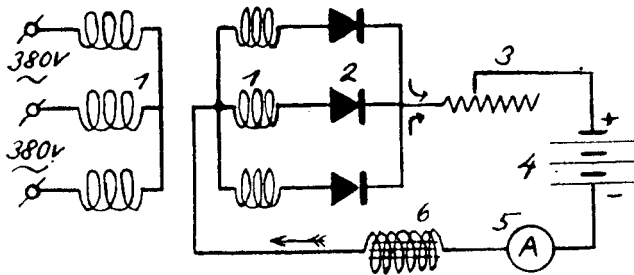
Мал' 13.

Сінусоїда випростового струму.

“а” віддає свою додатню частину насаги, а слідом за нею йде додатня частина насаги від другої половини 2-ї обвитки трансформатора— “б” і т. д.

Таким чином, в зовнішньому колі на заряд акумулятора ми будемо мати сталий струм, графічно показаний на малюнку ч.13.

Цей струм уже не буде мати перерв у часі, але матиме лише коливання напруги від нуля до максимуму напруги, потім від



Мал. 14.

1. Трансформатор. 2. Випростувач. 3. Реостат. 4. Акумулятор.  
5. Амперметр. 6. Дросель.

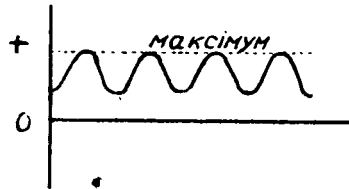
максимуму до нуля і т. д. з кількістю 100 поштовхів на хвилину (при 50 пер. струмі).

Коли матимем 3-х фазовий струм, то найліпше використову-

вати цей струм, тому що він дає, як побачимо далі, найменші коливання напруги одного напрямку.

Перш за все треба мати відповідний трифазовий трансформатор, який буде знижувати напругу до потрібної, далі необхідно мати відповідний 3-х електродний випростовувач, або 3 окремі випростовувачі, і дросельну шпулю. Як влучати весь прилад у сітку, показано на схемі (мал. 14 на стор. 42).

Поштовхи випростовуваного електричного струму є і в цій схемі але вони уже не спадають до нульового значіння, як видно з малюнка ч. 15.

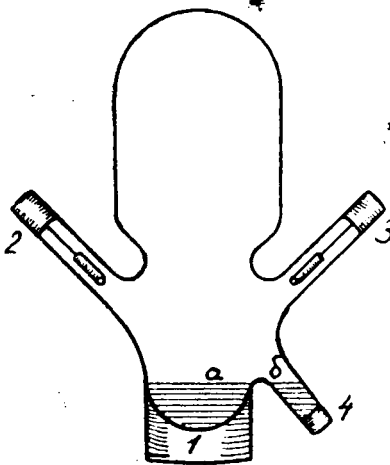


Мал. 15.  
Сінусоїда випростаного струму від випростувача за схемою на мал. ч. 14.

Випростаний за цією схемою струм цілком відповідає вимогам, які ставляться до зарядного струму.

## БУДОВА ВИПРОСТОВУВАЧІВ:

### I. Живосрібний випростовувач.



Мал. 16. Кольба живосрібного випростовувача.

ми кольбу нахилимо в правий бік, живе срібло перелетється у ріжок "4" і з'єднає контакти "1" та "4".

Живосрібний випростовувач, збудований так: з скляної кольби дуже добре висмоктовується повітря і влютовується декілька вводів-дротів, які є електродами. На своїх кінцях вони мають платівки або циліндрики. Ці вводи збудовані у відповідно витягнутих скляних ріжках, як показано на збокуподаному малюнку, де "1" контакт катода, "2" і "3" контакти анода. Для 3-х фазного струму їх ставлять три. "4" допоміжний катод. Над катодом "1", та над допоміжним катодом "4" є живе срібло "а" та "б".

У сторчовому положенні цієї кольби живе срібло катодів між собою не з'єднується, але, коли



Коли ці контакти будуть під напругою, і ми з нахилоного поставимо кольбу у сторчове положення, живе срібло переллється до катода "1" і розірве контакт між катодом "1" та допоміжним катодом "4". В наслідок цього між ними виникне вольтова дуга, яка має високу температуру нагрівання, від неї живе срібло випаровується та заповнює своєю парою простір кольби.

Робота запаленої таким чином кольби побудована на тому, що на поверхні живого срібла завжди є дуже розпечена пляма, температура якої сягає до 2000-3000 °С, тоді як температура останньої маси живого срібла сягає до 100 °С. Атоми парів живого срібла йонізуються і утворюють додатні йони та нові вільні електрони, які зветься вторинними (первинні ті, що викидаються катодною плямою). Додатні йони притягаються катодом. Рухаючись з великою швидкістю, вони вдаряються в пляму на катоді і гублять свою кінетичну енергію яка перетворюється в тепло. Наслідком цього під час праці на цій плямі тримається висока температура.

Первинні й вторинні електрони переносяться до того з анодів, який має найвищий додатній потенціал і віддають йому свої заряди.

Таким чином електричний струм в середині кольби зумовлений переносом зарядів до аноду первинними та вторинними електронами, а до катода — додатніми йонами.

Одної плями на катоді не досить для праці. Необхідно, щоб аноди були завжди під напругою. Вони повинні бути включені до вторинної обвитки трансформатора, а також коло випростованого струму повинно бути замкнуте на якийсь опір, або на зарядку акумулятора.

Тепер розглянемо, як вмикається ця кольба у схему та її працю.

Змінний струм міняє свій напрям 100 разів на секунду (при 50 періодах). Стільки разів кожний з анодів буде міняти свої знаки відносно середньої точки виводу від трансформатора. Коли струм у вторинній обвитці трансформатора буде від кінця "1" до "2" то кінець "1" по відношенню до середньої точки буде мати додатній знак, а кінець "2" — від'ємний, а тому анод "А" буде мати додатню насагу по відношенню до катода "К". Коли струм змінить свій напрям у обвитках трансформатора, то додатня насага буде уже на аноді "в" (див. мал. ч. 17).

Струм весь час буде йти лише до того з анодів, де буде додатня насага, а обвитка "2" трансформатора буде перемітно під навантаженням.

В зовнішньому колі, де влучені акумулятори на зарядження, струм буде йти тільки в одному напрямку.

Раніше ми зазначили, що температура катодною плями підтри-

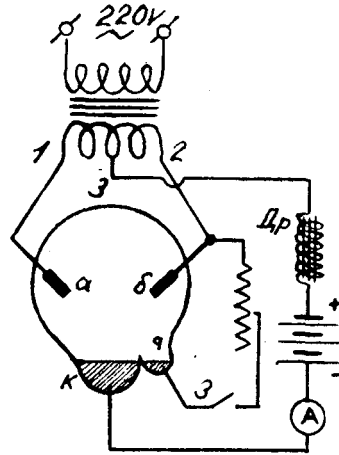
мується ударами додатніх йонів струму навантаження. Ця пляма згасне тоді, коли струм електронів спиниться принаймні на якусь тисячну долю секунди.

Щоб цього не трапилось (щоб струм не переривався), в коло від середини другої обвитки трансформатора послідовно влучається дросельна шпуля (див. мал. ч. 17), яка згладжує пульсації струму і не дає зовсім знижуватись до нульового значення окремих поштовхів через індуктивність, при якій випростаний струм ніколи не доходить до "0".

Праця описаного вище випростовувача по данній схемі не дуже практична, тому що для неї потрібний сталий струм навантаження, який повинен бути більший від того, який потрібно на існування катодної плями. Зміна струму в бік зменшення викличе згасання випростовувача, а велике збільшення викличе перегрівтя і великий тиск живосрібної пари, при якому може бути звернене запалення кольби.

Звернене запалення полягає в тому, що анод в півперіоді стає катодом, нагрівається і сам починає висилати електрони. Між анодами виникає небезпечне коротке замкнення (замикається на коротко вторинна обвитка трансформатора). Запобігти цьому можна, не допускаючи перевантажування випростовувача. При підвищенні температури повітря необхідно кольбу охолоджувати при допомозі вентилятора.

Пускання в дію описаного випростовувача провадиться таким чином: влучається навантаження, влучається влучник в колі запалення, нахилиється кольбу, щоб живе срібло утворило контакт між катодом і допоміжним катодом і відразу ставиться її в сторчове положення. В місці розрива утворюється вольтова дуга, що утворює катодну пляму, яка в дальшій праці підтримується ударами додатніх йонів атомів живого срібла. Після запалення влучником додаткового запалення вимикають струм запалення. Іноді буває, що кольба відразу не запалюється. Тоді треба зробити повторні перевертання кольби запалення. Це явище цілком нормальне і буває від того, що вольтова дуга між допоміжним



Мал. 17.

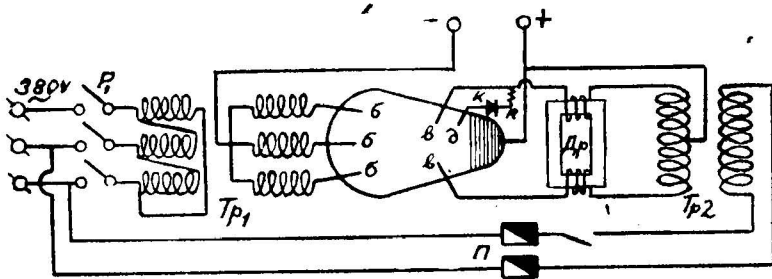
Схема з'єднання живосрібного випростувача від сітки змінного струму.

катодом і катодом (а від цього і катодна пляма) може виникнути лише тоді, коли в момент розрива контакта потенціал допоміжного катода буде додатній, а напруга, яка мінється по синусоїді—буде мати величину, достатню для утворення вольтової дуги.

Живосрібні випростовувачі, розраховані для праці з змінним навантаженням, збудовані по схемі, яка показана на нижчеподаному малюнку ч. 18.

Вони мають т. зв. незалежне збудження за допомогою анодів вартового запалення “в” “в”. Ці аноди вартового запалення “в” “в” вкупі з анодом запалення “д” приєднані до окремого трансформатора збудження  $T_{р2}$ .

Пускання в дію цього випростовувача провадиться так: влучається вмикач П, (влучається вмикач запалення див. малюнок), колба нахилиється, щоб утворився контакт з анодом “д”, і ста-



Мал. 18.

Схема живосрібного випростовувача з незалежним збудженням.

вється у сторчове положення. Після цього запалюються аноди вартового запалення “в” “в”, вмикаються головні вмикачі силового трансформатора “ $T_{р} — I$ ”, з навантаженням на виводних затискачах випростованого струму.

Живосрібні випростовувачі побудовані на певну напругу і силу струму, яку можна від них взяти. Влучати акумулятори для зарядження безпосередньо в сітку випростовувача не можна, не перевіривши даних випростовувача та акумулятора. Відповідно треба зробити розрахунки (див. розділ “добір опорів”) і, коли треба, в коло увімкнути відповідний опір.

Саме важливе, що треба пам'ятати при праці з живосрібними випростовувачами,—це не перевантажувати їх вище тієї величини, на яку вони розраховані.

Живосрібні випростовувачі поширені лише в деяких країнах. Найбільш поширені дорожчі купроксні та селенові випростову-

вачі, яких простота вживання, відсутність скляної кольби, дешевість випростовуваної енергії, довгий час праці (ніякі частини в них не зношуються), дають їм великі переваги над іншими типами випростовувачів.

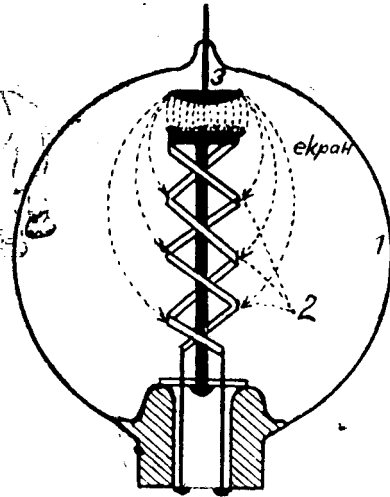
Принцип їх праці побудовано, як побачимо далі, зовсім на інших основах, ніж живосрібні або газотронні випростувачі.

## II. Газотронний випростовувач.

Газотронний, або лямповий, випростовувач побудовано майже на тих підставах, що і живосрібний: простір в середині лямпи заповнений живосрібною парою, анод такий, як і в живосрібному випростовувачі. Різниця між ними лише в матеріалі катода та способах його нагрівання.

Збудований він так:

Скляна кольба "1", з якої добре випомпуване повітря. В ній уміщений катод "2", який нагрівається електричним струмом. Катод зроблено у вигляді подвійної спіралі з нікльової бляхи. Анод "3" буває залізний або графітовий. Підчас виготовлення газотрона в нижню частину скляної кольби вводиться капка живого срібла, яка, випаровуючись, заповнює парюю весь простір кольби. Коли пропускаємо електричний струм через катод, він нагрівається і висилає з своєї поверхні первинні електрони. Як-



Мал. 19.  
Кольба газотронного випростовувача.

що анод буде в цей час під напругою, то, під дією електричного поля, вилучені електрони будуть переміщатися до анода, при чому швидкість їх з наближенням до анода зростає. На шляху до анода електрони стикаються з атомами пари живого срібла, і, як що їх швидкість достатня, то розбивають атоми живого срібла на додатні йони і вторинні електрони. Йони притягаються катодом, а електрони переходять до анода та віддають їм свої заряди. Таким чином струм може проходити лише в напрямку від катода до анода. Важкі додатні йони живого срібла з великого розгону падають на поверхню катода, їх кінетична енергія перетворюється в тепло; тому з часом праці, особливо

при перевантаженні випростовувача, катод в цих точках починає розтоплюватися, може наступити зворотнє запалення і прилад вийде з праці.

Цей випростовувач дуже чутливий до коливань навантаження і коливань струму нагрівання катода, які не повинні бути більші, як  $+10\%$  і  $-5\%$  від нормальної величини, на яку він побудований. Навантаження газотронного випростовувача можна робити лише через деякий час після того, як влучений струм нагрівання (через 2-5 хв.).

Тому, що цей випростовувач такий чутливий до режиму нагрівання катода і до навантаження, то при влученні його в схему обов'язково ставлять регулюючі прилади (реостати, автотрансформатори), які автоматично регулюють потрібні нагрівання та навантаження

### III. Купроксені випростовувачі.

Перевага купроксних випростовувачів перед описаними вище живосрібними і газотронними дуже велика (про це було зазначено раніше). Найбільшим його недоліком є низька напруга (4-6 V), яку можна прикласти до випростувального елемента, тому, для одержання вищих напруг, необхідно декілька окремих елементів влучати послідовно а, для збільшення сили струму, ще й рівнобіжно, через що вага їх іноді буває дуже велика.

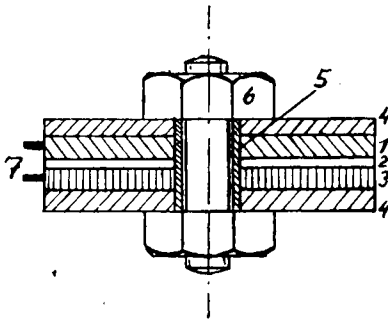
Особливо велика вага їх тоді, коли потрібно мати велику напругу і велику силу випростуваного струму. Але нескладність будови, довга експлуатація, довгий час праці — такі вигідні, що його недолік (вага) не є перешкодою його широкому розповсюдженню. Випростовування струму в купроксному випростовувачі проходить в так званому, купроксному елементі. Цей елемент буває прямокутний або круглий і збудований так: прямокутна або кругла пластинка з міді покрита з одного або з обох боків (однобічний або двобічний елемент) шаром II-оксиду міді (CuO).

До мідяної поверхні "1" (однобічного елемента), яка покрита шаром мідь II-оксиду "2", притискається під великим тиском олов'яна платівка "3", яка творить гарний контакт між поверхнею шару мідь II-оксиду і сусіднім елементом при послідовному з'єднанні. Мідяна платівка з шаром оксиду та олов'яна стиснуті 2-ма ізоляційними пластинами "4" і гвинтом "6". Від стрижня гвинта пластини ізолювані втулкою "5". Виводи від пластин здійснені за допомогою затисків »7« (мал. ч. 20).

Двобічні випростувальні елементи складаються з мідної платівки, покритої з обох боків шаром мідь II-оксиду. При з'єднанні окремих елементів у батарею (при послідовнім влученні) по-

верхня шару мідь II-оксиду перетворюється в металевий стан для кращого контакту між собою. Для відводу тепла з середини елемента в повітря беруться мідяні платівки більших розмірів (радіаторна система). В двобічних елементах, для виводу

тепла між окремими елементами, поміщають окремі радіаторні платівки і залізни роздільні диски. Будова двобічного елемента показана на нижчеподаному малюнку, ч. 21.



Мал. ч. 20.  
Випростовувальний елемент,  
(однобічний).

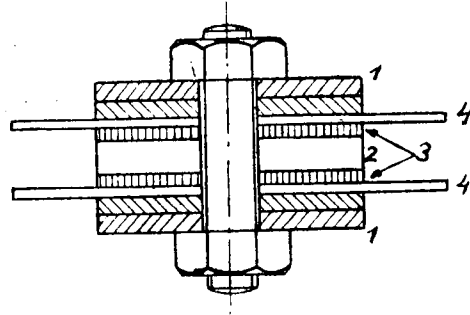
1 — ізоляційні прокладки, 2 — мідяна пластинка, 3 — шар мідь II — оксиду, 4 — мідяні радіаторні пластинки, 5 — залізни прокладки.

Випростовування струму проходить між шаром мідь II-оксиду та мідяною пластинкою. Теорія праці купроксного випростовувача, яка б повністю пояснювала дію випростовувача ще не розроблено достатньо. Найбільш

прийнятною є теорія Шоттки, яка пояснює випростовування так. —

Між кристалами мідь II-оксиду і мідяною пластиною є дуже малий проміжок. Мідь II-оксид поганий провідник електричного струму. Електрони в ньому міцно зв'язані, а вихід їх з поверхні шара мідь II-оксиду дуже затруднений, тоді як вихід електронів з поверхні міді на мідь II-оксид вільний. Через це, коли мідь є анодом (коли до неї підведена додатня напруга), а мідь II-оксид катодом, електрони у великій кількості переходять з мідяної пластини на мідь II-оксид. Струм в цей час буде проходити.

В наступному періоді, коли струм змінить свій напрям, анодом стає мідь II-оксид. Перехід електронів на мідяну платівку сильно зменшується, струм має дуже малу величину, яка практичного значення не має. Явища, які відбуваються в купроксному ви-



Мал. ч. 21. Випростовувальний  
елемент (двобічний).

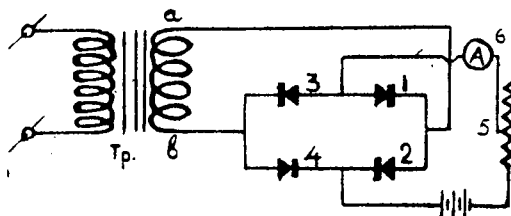
проставувачі, чисто електронного походження. Частини випроставувача не зношуються, і тому випроставувач працює необмежено довгий час (при вмілому догляді). В гарних випроставувачах випроставувальна спроможність купроксного випроставувача, цебто відношення струму в прямому напрямку до струму зворотнього напрямку, сягає до  $10^3$  —  $10^4$ . Звичайні випроставувачі мають випроставувальну спроможність біля 1000.

Випроставування струму цілком залежить від приложеної напруги струму. Низчеподаний графік (див. мал. ч. 22) досить наглядно виявляє залежність спроможності випроставування від напруги.

Щільність випроставуваного струму обмежується нагріванням випроставувача і не повинна бути більша, як 50 мА на 1 см<sup>2</sup> поверхні платівки. З підвищенням температури випроставувача, його спроможність випроставування падає, струм як в один, так і в другий бік, зростає. Для нормальної праці випроставувача його температура не повинна бути більша за 35-40°С.

Купроксні випроставувачі вмонтовуються в одну із схем, найкраще в схему Гретца (див. мал. ч. 23).

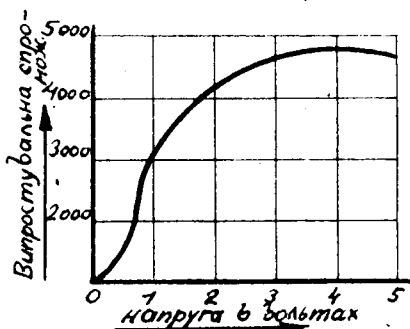
Для цієї схеми необхідно мати 4 випроставувальні елементи, попарно з'єднаних з катодом і анодом.



Мал. ч. 23.

Схема Гретца. 1, 2, 3, 4 — випроставувальні елементи, 5 — змінний опір 6 — амперметр. Тр. — трансформатор.

Розглянемо, як вони працюють: (мал. ч. 22). Коли додатня напруга буде на кінці "а", то струм пройде через елемент "1" на додатній полюс, через споживач електричної енергії (акумулятор

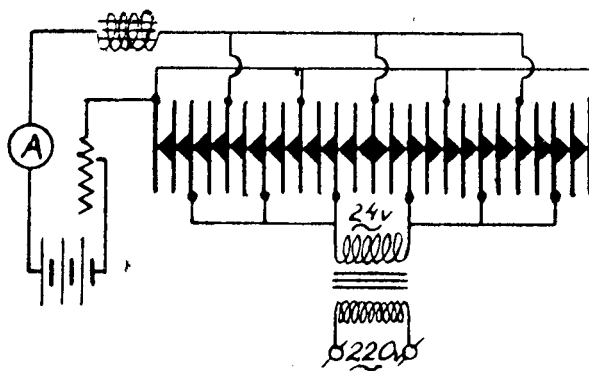


Мал. ч. 22.

Крива залежності випроставування від приложеної напруги.

або інший прилад) на від'ємний полюс, через елемент "4" на кінець "в" трансформатора.

В наступний момент додатня напруга буде на кінці "в" обвитки трансформатора. Тоді струм пройде через елемент "3" на додатній полюс, через споживач на елемент "2" і на кінець "а" обвитки трансформатора. Таким чином, струм в зовнішньому колі буде проходити завжди в одному напрямку. Ця схема є дво-півперіодною, трансформатор може бути без вивода з середини звоїв другої обвитки. Купроксні елементи необхідно підбирати на ту напругу, яка потрібна і яка є на виводах трансформатора. Силу необхідного струму можна регулювати за допомогою реостата, влученого послідовно в зовнішню сітку (5), керуючись амперметром (6).



• Мал. 24.

Схема з'єднання селенового випростовувача на 24v.

#### IV. Селенові випростовувачі.

Зовнішнім виглядом, принципом дії, доглядом та експлуатацією селенові випростовувачі майже не відрізняються від купроксних. Різняться вони від них випростувальним елементом, який складається із залізної понікльованої платівки, покритої у гарячому стані селеном (селен-металоїд). Ці платівки оброблені термічно і покриті шаром легкого ступу. Покриваються платівки цим шаром для уникнення опору між окремими елементами при послідовнім сполученні. Завдяки йому не потрібно стискувати окремі елементи між собою так міцно, як в купроксних.

Селенові випростовувачі мають багато переваг над купроксними. Матеріал на їх виготовлення значно дешевший, ніж на виготовлення купроксних. Вони витримують напругу вдвічі більшу



ніж купроксні, а щільність струму на  $1\text{ м}^2$  доходить до 60-70  $\text{м}^2$ .

Вони легші і дешевші. Вмикання у схему таке саме, як і купроксного. Вони так само псуються перегрузкою та перегіттям. Нижче подана схема селенового випростовувача на 24 v (див. мал. 24), користуючись якою можна збудувати досить потужний випростовувач.

Користуючись цією схемою для будови купроксного випростовувача, треба лише пам'ятати, що кількість елементів треба збільшити вдвічі проти зазначеної.

## А В Т О М А Т И Ч Н І В И Л У Ч Н И К И.

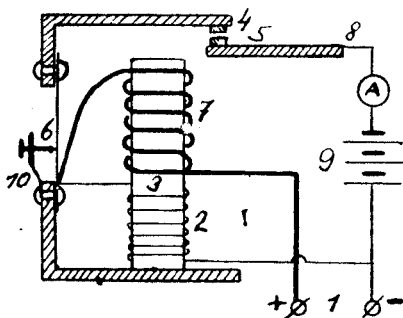
(Р е л е)

При заряджуванні акумуляторів від динамо сталого струму, через опори або безпосередньо (наприклад, в авті), завжди треба влучати в сітку зарядного струму автоматичний вилучник. Призначення його — вилучати зарядний струм в той момент, коли динамо зменшує оберти, а з ними і напругу зарядного струму; напруга акумулятора може бути вища, ніж напруга динамо, і струм акумулятора буде перевищувати струм динамо. Від цього акумулятор буде розряджатись, а при раптовому спині динамо, цей розрядний струм може досягти великої величини. Час, витрачений на зарядку акумулятора змарнуємо і, якщо своєчасно не вилучимо акумулятора з сітки, він зовсім розрядиться.

Ці автомати збудовані в більшості за одним принципом. Щоб з'ясувати, як він працює, розглянемо низче подану схему.

Від джерела струму поступає напруга до затиску. Рухомі контакти "5" роз'єднані за допомогою пружини "6". Струм йде по обвитці "2", яка має тонкий провід і багато звоїв. Далі, через обвитку "7" пройде до +. Залізне осердя "3" намагнітиться і при потрібній напрузі притягне рухому частину контакта "4" і з'єднає її з другою частиною контакта "8".

Обвитка "7" має небагато звоїв і товстий (порівнюючи до обвитки "2") провідник. Тепер уже основна сила струму пройде

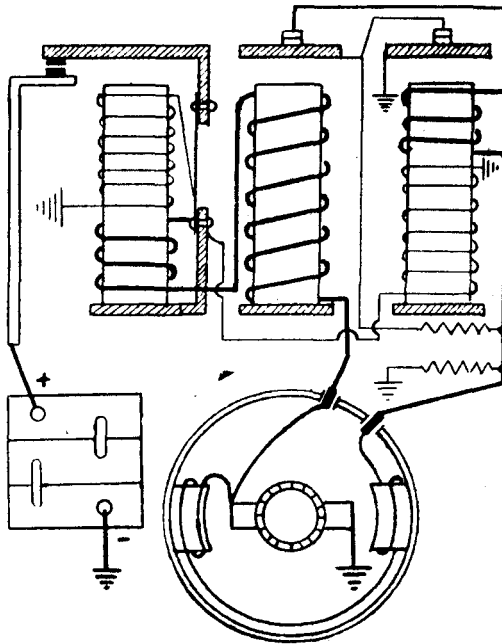


Мал. ч. 25.

Реле — вилучник (схема). 1. Вхідні контакти. 2. Тонка обвитка (шунт-обвитка). 3. Осереддя електромагнета. 4. Рухомі контакти. 6. Пружина. 7. Товста обвитка (сервіс-обвитка).

від + через звої товстої обвитки, через контакти на акумулятор і на від'ємну частину кола.

Доки буде проходити струм нормальної напруги і сили, осердя весь час буде тримати контакти замкнутими, і акумулятор буде заряджатися. Якщо напруга спаде, наслідком зменшення обертів або зупинки динамо, сила притягання осердям контактів зменшиться, пружина розімкне контакти і вилучить акумулятор.



Мал. ч. 26.

Схема з'єднання динамо-машини з реле-регулятором і вмикачем струму.

При збільшенні напруги контакти замкнуться і т. д. Отже, цей автомат без сторонньої помочі обслуговуючого персоналу вмикає і вимикає струм в потрібний момент. Необхідно тільки регулювати його на певну напругу. Для цього ставиться регульовальний гвинтик "10" до пружини, який збільшує або зменшує пружність пружини. Час від часу треба контакти чистити, щоб зменшити на них перехідний опір. Дуже часто на таких автоматах динамо автомашини можна побачити 2 або 3 шпулі з'

обвитками, які не тільки вмикають і вимикають акумулятори, а й автоматично регулюють сталу силу і напругу струму, яку виробляє динамо, до якого вони прилучені. Одна з таких схем подана нижче (мал. ч. 26).

## НЕДОЛІКИ В РОБОТІ АКУМУЛЯТОРІВ ТА ЇХ ВИПРАВЛЕННЯ

### а) В кислотних акумуляторах:

Добрий акумулятор в неумілих руках завжди не має тієї спроможности прийому та віддачі тієї кількості електричної енергії, на яку він був розрахований, а час його праці дуже скорочується. Це приводить до зайвих витрат на ремонт або на придбання нових акумуляторів.

При правильнім догляді кислотний акумулятор витримує 250-300 зарядорозрядних циклів, а деякі акумулятори найліпших фірм витримують до 600 заряджень і розряджень.

В експлуатації при неумілім догляді дуже часто, уже після 50-100 зарядо-розрядів, акумулятор буває настільки пошкоджений, що потребує капітального ремонту або зіпсований зовсім. Щоб запобігти цьому, необхідно знати головні правила догляду за акумуляторами.—

1. Не пробувати стану зарядки кислотних акумуляторів “на іскру” (торкають виводними проводами один до одного). При цьому ми коротко з'єднуємо полюси без опору, внаслідок чого проходить струм дуже великої сили. Хемічні процеси між електролітом та активною масою не відбуваються нормально, і платівки коробляться. Від тиску короблення часто перегородки в посуді суцільного блоку тріскають, і сусідні акумулятори замикаються коротко через електроліт і дуже скоро розряджуються. Практично акумулятор перестає працювати. Отже, пробувати стан заряду акумулятора можна лише за допомогою вольтметра або електричної лампи.

2. Слідкувати за рівнем електроліта, який повинен завжди покривати платівки, сягаючи не менше як 1 см. над них. Якщо своєчасно не доливати електроліт або воду, то на верхніх частинах електродів не покритих електролітом, наслідком випаровування води, дуже зростає щільність електроліту. Занадто велика щільність розчинює цементуючі речовини активної маси, від чого вона спадає вниз. З тієї частини платівок, яка не була покрита електролітом, залишаються тільки ґратки. Акумулятор втрачає тільки частину ємности назавжди. Крім того, активна

маса, осідаючи на дно у великій кількості, може з'єднати на коротко між собою електроди.

3. Слідкувати за концентрацією електроліта. Якщо він випарувався, то долити дестильованою водою; якщо розлився — добавляти лише електролітом такої самої концентрації, яку має електроліт, що залишився.

Час від часу, після повного заряду, необхідно міряти концентрацію електроліту і, коли вона буде більша як 1,32, — розбавити водою до концентрації 1,31 — 1,32.

4. При нормальній роботі, після 200-250 зарядо-розрядів, необхідно з дна акумулятора викинути осілу активну масу, якої товстий шар може замкнути на коротко електроди. Ця маса накопичується за довгий час нормальної праці з відірваних часток активної маси. Осілу активну масу можна вимити кількаразовим промиванням дестильованою водою. Якщо конструкція акумулятора вимагає знімання кришки й виймання електродів, то здати його у відповідну майстерню, бо зняти кришку і витягти електроди може тільки досвідчений персонал відповідними інструментами, тому що при цьому треба розрізувати перемички між елементами та зварювати їх полум'ям водневої горілки.

5. У випадку короткого замкнення електродів через зіпсовані сепаратори (що виявляється через неприйняття заряду навіть після промивки), необхідно здати акумулятор в ремонтну майстерню, для виміни сепараторів. Самому вимінювати дерев'яні сепаратори не можна. Деякі «спеціалісти» відщеплюють від дикту тонкі дощечки і ставлять їх замість зіпсованих сепараторів. Це ні в якому разі не припустимо, тому що дерев'яні сепаратори можуть бути тільки з певних, не смольних порід дерева (ліпа, вільха) і мусять бути спеціально хемічно оброблені для виділення всіх органічних речовин (крім целюлози). Наявність їх в сепараторах приводить до розчину речовин в електроліті, забруднення його й електродів та зниження ємності.

6. Ні в якому разі не заливати лугових акумуляторів електролітом, призначеним до кислотних акумуляторів і навпаки. Від цього акумулятор зіпсується зовсім.

7. Своєчасно робити перезарядження, себто кожного місяця (при нерегулярній праці), або після 10—15 зарядно-розрядних циклів, необхідно робити заряд так: після того, як увімкнутий на зарядження акумулятор закипить, вимкнути його і через 1 годину влучити вдруге, зменшивши зарядний струм наполовину. Тримати, доки не закипить знову. Вимкнути і через 1 годину увімкнути знову, тримати, доки не закипить і т. д. Так повторювати, доки увімкнутий акумулятор після годинної пе-

перви не закипить відразу. Такі перезаряди зберігають акумулятори від сульфатації і зберігають його нормальну ємність.

8. Не перевантажувати акумуляторів як зарядними, так і розрядними струмами.

9. Сульфатація та десульфатація електродів кислотних акумуляторів.

Сульфатація електродів у кислотних акумуляторах — найчастіші випадки несправності, це найбільший недолік при оцінці вартості якостей кислотних акумуляторів. Різні порушення правил експлуатації акумулятора ведуть завжди до сульфатації електрод.

Особливо сприяють сульфатації:

а. Переполюсовка електродів при неправильнім влученні на зарядження.

б. Часті недозарядження.

в. Довгі проміжки часу між зарядженнями і розрядженнями.

г. Дуже висока концентрація електроліта.

д. Довге залишення акумулятора без регулярних зарядів, особливо при високих температурах.

е. Знижений рівень електроліта.

Сульфатовані платівки легко відрізнити по їх кольорі: на від'ємних платівках з'являються білі плями-наleti, а при дуже великій сульфатації вся поверхня покривається білим налетом.

Додатні платівки з темнобурих перетворюються в світлобурі, а при великій сульфатації переходять у світложовті. Іноді місцями з'являються білі плями. Поверхня платівок стає шорсткою. Велика сульфатація деформує платівки. Сульфатовані платівки дуже знижують ємність. При дуже великій сульфатації практично акумулятори втрачають зовсім свою ємність. Внутрішній опір дуже зростає. Коли сульфатація ще не набула великих розмірів, то її можна до деякої міри уникнути, а саме:

Акумулятор розряджується до 1,8 v, після чого з нього вилівається електроліт. Заливається знову слабим розчином сульфатної кислоти концентрації 1,05 і ставиться на зарядження. Сила зарядного струму береться в 3-5 разів менша проти нормальної. Зарядка продовжується від 3 до 5 діб. Мета зарядження слабшим струмом полягає у тому, щоб водень  $H_2$  та лишок сульфатної кислоти  $SO_4$  при переміщенні до платівок в невеликій кількості за одиницю часу повністю вступили в сполуки з сульфатом олова додатніх та від'ємних платівок.

В процесі зарядження сульфат олова переходить в активну масу і утворює (звільняє) сірчану кислоту. Концентрація електроліта зростає і доходить в деяких випадках до 1,3, тому тре-

ба слідкувати за концентрацією: в разі великого підвищення концентрації додають дистильовану воду.

Зарядження треба вести до кипіння акумулятора, коли концентрація електроліту не збільшується. Після закінчення зарядження треба зробити годину перерви і знову влучити на зарядження, не вилучаючи, доки не закипить. Так треба повторювати декілька разів, доки, після годинної перерви, влучений на зарядження акумулятор відразу не закипить. Після цього батарея розряджується нормальним струмом. При розрядженні до 1,8v заливається новим електролітом концентрації 1,13 і пускається в експлуатацію. Якщо акумулятор матиме дуже малу ємність, процес зарядження треба повторити.

Електроліт дуже сульфатованих акумуляторів перед зарядженням можна замінити дистильованою водою.

### б). В лугових акумуляторах:

#### 1. Поступове зниження ємності.

Це трапляється через те, що електроліт забруднюється поташом. Повітря, коли воно проникає всередину — заносить з собою вуглекислий газ, який з'єднується з лугами електроліта і утворює поташ. Друга причина — праця акумуляторів довгий час без заміни електроліта. Якщо гумові кільця втратили свою пружність і не закривають отворів, через які повітря проникає до середини Невідповідний рівень електроліта (дуже низький) також знижує ємність. У всіх цих випадках треба усунути причини неполадок: замінити електроліт, замінити гумові кільця, долити до нормального рівня електроліту нормальної концентрації.

2. Платівки акумулятора не сприймають нормального заряду (стали пасивні).

Причина цього: несистематичне заряджування посиленими зарядами або систематичне недозарядження; дуже низькі розрядження (до 0); розрядження малими струмами. У всіх цих випадках треба дати акумуляторові посилені 1-2 заряди з нормальним розрядженням, і, на далі, слідкувати за режимом заряджень та розряджень.

3. Акумулятор після зарядки має нормальну ємність, а через деякий час дуже її знижує. Це буває через погану ізоляцію окремих елементів батареї або через домішку в електроліті металів. Провірити та поправити ізоляцію окремих електродів — це справа досить складна і може бути зроблена лише ремонтними майстернями. Треба змінити забруднений електроліт, або поправити ізоляцію окремих елементів.

4. Акумулятори при зарядженні дуже нагріваються і не дають

нормальної ємності. Це буває від короткого замкнення платівок через велику кількість осаду внизу, або через відпад кусочків активної маси між платівками; через коротке замкнення окремих елементів між собою; ізоляція окремими ебонітовими паличками порушилась, і пластини з'єднались між собою. У цих випадках треба знайти причину і усунути її.

5. Зимом акумулятори зовсім не працюють. Це буває від недостатньої концентрації електроліта. Треба її збільшити відповідно температурі, а саме: від  $0^{\circ}$  до  $25^{\circ}$  С необхідна щільність 1,24 1,25, від  $25^{\circ}$  до  $40^{\circ}$  С — 1,28, та електроліт КОН замінити на Na OH.

6. Якщо у влучених на зарядження акумуляторах напруга вища за нормальну, а при розряді низка.

Це буває від поганих контактів: як на затисках вихідних, так і на з'єднаннях окремих елементів. Помічається це по нагріванню контактів.

Треба усунути причини — прочистити контакти.

7. При зарядженні з електроліта виходить піна. Це буває від того, що електроліт забруднений органічними домішками. Треба замінити електроліт.

8. Із акумулятора виділяється багато солей. Це буває від того, що електроліт великої концентрації, або посуд закривається не герметично. Треба довести концентрацію до нормальної, або провірити щільність посуду.

9. Акумулятор роздувається.

Причина цього та, що гумові вентиля, які закривають вихідні отвори, дуже тугі, або отвори ці засмічені і немає вільного виходу газів, що утворюються при зарядженні. Коли акумулятор має міжелектродну ізоляцію з ебонітових паличок, то вони при роздуванні посуду спадають в один бік, і платівки можуть коротко замкнутися.

Далі треба зазначити, що усунення недоліків, або пошкодження в середині посуду, є зв'язане з розбиранням посуду і не може бути виконане без спеціальних приладів (автоген, електрозварка). Тому в усіх випадках пошкодження всередині посуду найліпше здати його на ремонт в ремонтні майстерні.

## ЗБЕРІГАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ.

На короткий час кислотні акумулятори можна зберігати в зарядженому стані. Повністю заряджений акумулятор закривається герметично пробками, змиваються з поверхні сліди кислоти електроліта, ставиться в темне місце (при сонячному світлі ебоніт посудів руйнується). Ці акумулятори один раз на місяць тре-

ба підзаряджати, щоб запобігти сульфатації платівок. При необхідності зберегти акумулятор на довгий час, вживають консервації.

Акумулятори розряджають до спаду напруги 1,7 v нормальним струмом (1/10 його ємності), після чого електроліт з нього виливають і промивають дистильованою водою доти, доки змиються сліди кислоти електроліта з пластин. Перевертають отвором вниз, щоб стекли рештки води. Вставляють гумові ручки в отвори і продувають теплим повітрям, доки випарується вся вода з середини. Отвори закривають пробками і заливають їх парафіном, щоб не заходило в середину повітря. В такому стані акумулятори зберігаються довгий час. Коли потрібно їх знову пустити в експлуатацію, то заливають їх електролітом і заряджують вперше, як новий.

Лужні акумулятори можна зберігати довгий час, як з електролітом, так і без нього. Необхідно лише час від часу оглядати їх, знімаючи з них повзучі солі. Місця, які почали іржавіти, промазувати вазеліною. Звертати увагу на справність гумових вентилів, щоб в середину не проникало повітря. Якщо потрібно зберігати їх без електроліта, то спочатку треба розрядити до спаду напруги 0,5 v (на один елемент) і вилити електроліт. Воду промивати не можна, бо шар електроліта, який залишається на електродах, добре захищає їх від іржавіння. Промиті ж водою — скоро зіпсуються від впливу води на електроди.

## ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.

При роботі з акумуляторами необхідно знати деякі правила з техніки безпеки, тому що склад електродів, електроліти, випаровування з них підчас зарядження, дуже шкідливі для здоров'я людини.

1. Коли на руках є ранки, то не можна брати голими руками платівки кислотних акумуляторів. Необхідно одягти гумові рукавиці. Дрібні частини активної маси електродів, попадаючи в ранку, не дають можливості їй загоїтись доти, поки вони не будуть звідти вибрані. Попадаючи на сухожилля, ці частинки стягають його і пальці назавжди можуть лишитися зігнутими. Багато спеціалістів по акумуляторах заплатили таким чином своїми пальцями.

2. При складенні електроліту треба кислоту лити в воду, а не навпаки.

3. При сталій роботі з кислотними акумуляторами надівати шерстяний одяг, який не псується електролітом, а взуття про-



яльність в тій чи іншій мірі збігається з електротехнікою. Тут досить ґрунтовно пов'язана теорія з практикою; матеріал поданий таким чином, що автор повністю досяг завдання, яке він зазначив у передмові.

11. VI. 1946 р.  
Авсбург.

Інж. Масюкевич.

Праця "Електричні акумулятори" є цінним вкладом в технічну літературу, написану українською мовою. Її приймуть з вдовolenням усі, кому доводиться працювати з акумуляторами. В ній найдуть вони задовільні відповіді на всі важливі питання про суть акумуляторів, їх будову, обслугову та найдоцільніше використання. Автор успішно розв'язав поставлені в передмові завдання цієї праці. Лишається тільки побажати, щоб ця праця якнайскорше була друквана й виконала своє важливе завдання.

1. 9. 1946  
Авсбург.

Д-р З. Тивонюк.

---

## З М І С Т

	стор.
Передмова . . . . .	3
Електроліз . . . . .	5
Закони Фарадея . . . . .	7
Використання електролізу . . . . .	11
Акумулятори . . . . .	12
Електроліт . . . . .	18
Визначення питомої ваги електроліта . . . . .	20
Сепарація . . . . .	21
Залізо-нікеліві акумулятори . . . . .	23
Напруга та ємність акумуляторів . . . . .	26
З'єднання акумуляторів у батареї . . . . .	30
Зарядження акумуляторів . . . . .	32
а) Джерела зарядного струму . . . . .	32
б) Добір опорів . . . . .	33
в) Зарядження акумуляторів від мережі змінного струму . . . . .	39
Будова випростовувачів . . . . .	43
1. Живосрібний випростовувач . . . . .	43
2. Газотронний випростовувач . . . . .	47
3. Купроксені випростовувачі . . . . .	48
4) Селенові випростовувачі . . . . .	51
Автоматичні вилучники . . . . .	52
Недоліки в роботі акумуляторів та їх виправлення . . . . .	54
а) В кислотних акумуляторах . . . . .	54
б) В лугових акумуляторах . . . . .	57
Зберігання акумуляторів . . . . .	58
Техніка безпеки . . . . .	59
Рецензія . . . . .	61





## ПОМІЧЕНІ ПОМИЛКИ

в книжці: "Електричні акумулятори" просимо перед читанням виправити :

Сторінка:	Ряд згори:	Надруковано:	Має бути:
19	38	концнетрації	концентрації
24	24	по 1,025	по 0,025
26	30	II ампер-годин	11 ампер-годин
26	31	II ампер-годин	11 ампер-годин
27	2	27 V	2,7 V
28	1	належиому	належному
30	5	акумоторів	акумуляторів
32	16	не був.	не був малий.
35	29	проводити	приводити
45	40	Після запалення влучником	Після запалення, влучником
50	42	праюють	працюють
51	26	виготовлеиня	виготовлення
52	1	на 1 м <sup>2</sup> доходить до 60-70 м <sup>2</sup>	на 1 см <sup>2</sup> доходить до 60-70 м А.
52	підпис під малюнком з ряд згори	осередя	осердя.
57	34	нормалью	нормальну.

