Uvod

Kapacitet akumulatora je količina elektriciteta izražena u ampersatima [Ah] koju akumulator može da preda pri pražnjenju do krajnjeg napona pražnjenja. Ovisi o vrsti, kvaliteti i količini aktivne mase koja učestvuje u elektrohemijском procesu i o vremenu pražnjenja. Nominalni kapacitet je kapacitet koji se zasniva na kontinuiranom pražnjenju konstantnom strujom i označava se na akumulatoru. Nominalni kapacitet deklarira i garantira proizvođač.

Kontrola kapaciteta akumulatora mora se vršiti povremeno (najmanje jedanput godišnje) zbog ustanovljenja tehničkog stanja akumulatora. Pod tehničkim stanjem akumulatora podrazumijeva se količina stvarnog kapaciteta akumulatora. Na osnovu podataka o stvarnom kapacitetu određuje se stepen ispravnosti akumulatora i eventualna potreba za znavljanjem akumulatora. Stoga je mjerenje kapaciteta jedan od načina preventivnog održavanja akumulatora. Kontrola kapaciteta vrši se u akumulatorskim stanicama pomoću mjerača kapaciteta.

Mjerači kapaciteta su električni uređaji namjenjeni za kontrolu kapaciteta akumulatora. U akumulatorskim stanicama kapacitet se mjeri formacijskim sredstvima ili improvizovanim mjeračima kapaciteta. Najčešće se kori-

ste improvizovana sredstva za kontrolu kapaciteta. Nedostatak postojećih rješenja kontrole kapaciteta je što se postojećim formacijskim sredstvima može mjeriti kapacitet samo jednog akumulatora, što u većini slučajeva ne odgovara, zbog istovremenog dolaska velikog broja akumulatora na kontrolu kapaciteta. Improvizacijama se ne postiže zadovoljavajuća tačnost mjerenja i za ostvarenje ovog načina potrebna je prisutnost akumulatorskog mehaničara sve vrijeme pražnjenja.

Upravo zbog toga je poželjno mjeriti kapacitet većeg broja akumulatora istovremeno, uz što manje angažovanje radnog osoblja i manjeg broja mjerača kapaciteta. Da bi se to postiglo potrebno je vezati akumulatore na pogodan način. Postoje tri moguća načina povezivanja akumulatora. Oni su isti kao i za punjenje akumulatora. To su serijska, paralelna i kombinovana veza akumulatora. Na slici 1 prikazana je blok-shema vezivanja akumulatora pri mjerenju kapaciteta serijski vezanih akumulatora (sl. 1a), paralelno vezanih akumulatora (sl. 1b) i kombinovane veze akumulatora (sl. 1c).

Analizirajući sva tri moguća rješenja dolazimo do zaključka da je ekonomski najopravdanije odabrati serijsku vezu akumulatora pri mjerenju kapaciteta, budući da je u tom slučaju potreban samo jedan disipator. Pod poj-

a)

b)

c)

Sl. 1 Veziivanje akumulatora pri mjeranju kapaciteta: a) serijska veza akumulatora; b) paralelna veza; c) kombinovana veza

mom disipator podrazumijeva se elektronski sklop koji održava struju na konstantnom iznosu, te da se na njemu disipira sva snaga koju daje akumulator. Kod paralelne veze akumulatora potrebno je upotrijebiti isti broj disipatora kao i broj akumulatora, zbog toga što se u procesu pražnjenja ne prazne svi akumulatori istom brzinom. Zbog toga bi došlo do pojave tzv. struje izjednačavanja. Posljedica toga bili bi netačni rezultati upravo za najlošije akumulatore u grupi koja se prazni. Pored toga, za svaki akumulator potreban je kontrolni blok kao i kod serijski vezanih akumulatora. Kontrolni blok mjeri napon akumulatora i na osnovu izmjenog napona daje informaciju ili mjeraču kapaciteta ili akumulatorskom mehaničaru. Problematika kombinovano vezanih akumulatora je ista kao i za paralelnu vezu akumulatora. Stoga je potrebno koristiti kombinovanu i paralelnu vezu samo kada postoji krajnja nužda.

Mogućnost mjerenja kapaciteta serijski vezanih akumulatora

Prilikom mjerenja kapaciteta serijski vezanih akumulatora osnovni problem ne predstavlja disipator nego prekidanje pražnjenja zbog odspajanja

akumulatora, koji je u serijskoj vezi prvi postigao krajni napon pražnjenja. Da bi se izbjeglo prekidanje pražnjenja akumulatora, između akumulatora se mogu ubaciti releji, koji će odspajati akumulator sa pražnjenja bez dugotrajnog pražnjenja. Prekid struje kroz disipator traje toliko dugo koliko je potrebno da kontakti releja pređu iz mirnog u radni položaj. Na slici 2 prikazana je principijelna shema ovog rješenja sa relejima.

Da bi se ovaj spoj mogao riješiti potreban je isti broj releja kao i broj akumulatora. Osim toga, releji moraju zadovoljavati uslov da im kontakti mogu prekidati nominalnu struju pražnjenja i moraju imati jedan mirni i najmanje jedan radni kontakt. Sa slike se vidi da kontakti releja odspajaju akumulator sa disipatora prebacivanjem kontakata iz mirnog u radni položaj. Prebacivanje se vrši uključivanjem prekidača PR1, PR2, PR3 ili PR4, zavisno od toga na kojem akumulatoru je dostignut krajnji napon pražnjenja.

S obzirom na to kako se konstatira i mjeri krajnji napon pražnjenja, možemo govoriti o tri načina kontrole napona. To su:

- ručna kontrola (voltmetrom);
- poluautomatska kontrola (komparator napona bez povratne veze);

Sl. 2 Principijelna shema mjerača kapaciteta serijski vezanih akumulatora

c) automatska kontrola (komparator napona sa povratnom vezom).

Pod ručnom kontrolom podrazumijeva se da akumulatorski mehaničar stalno kontrolira napon svakog akumulatora priključivanjem voltmetara i na osnovu očitane vrijednosti napona na voltmetru odspaja akumulator sa pražnjenja prekidačem releja i konstatira vrijeme pražnjenja. Na osnovu proteklog vremena i podešene struje pražnjenja izračunava se izmjereni kapacitet. Na slici 3 prikazana je principijelna shema ručne kontrole.

Da bi se smanjilo vrijeme potrebno za stalnu kontrolu napona, umjesto voltmetra potrebno je postaviti komparator napona koji konstantno uspoređuje zadani napon sa izmjerenim naponom akumulatora. Pri tome se informacija od komparatora napona može poslati akumulatorskom mehaničaru svjetlosnom signalizacijom, zvučnom signalizacijom ili kombinacijom svjetlosne i zvučne signalizacije (komparator napona bez povratne veze) na osnovu koje akumulatorski mehaničar vrši odspajanje akumulatora sa mjerenja kapaciteta

Sl. 3 Principijelna shema serijskog mjerača kapaciteta sa ručnom kontrolom napona akumulatora

Sl. 4 Principijelna shema serijskog mjerača kapaciteta sa poluautomatskom kontrolom i upravljanjem

prekidačem releja kao i u prvom slučaju. Na slici 4 prikazana je principijelna shema poluautomatske kontrole.

Ukoliko se akumulatorskog mehaničara želi potpuno rasteretiti brige oko mjerenja kapaciteta potrebno je komparatoru, osim svjetlosne i zvučne signalizacije, dodati i električnu povratnu vezu, koja bi preko okidnog sklopa automatski aktivirala relej i odspojila akumulator sa mjerenja kapaciteta. Na slici 5 prikazana je blok-shema rješenja.

Osim što je potrebno mjeriti krajnji napon pražnjenja za određivanje kapaciteta, potrebno je mjeriti i vrijeme

kapaciteta može se nazvati metodom izračunavanja izmjerenog kapaciteta. Osim metode izračunavanja, kapacitet se može odrediti i metodom očitavanja. Metoda očitavanja izmjerenog kapaciteta podrazumijeva da se izmjereni kapacitet očitava sa displeja na mjerачu kapaciteta direktno u amper-satima [Ah] ili u postotcima nazivnog kapaciteta ($C[\%]$):

$$C[\%] = \frac{C_m}{C_n} \cdot 100 \quad (2)$$

gdje je C_n — nominalni kapacitet deklariran od proizvođača. Metoda očitavanja podrazumijeva da sklop za mjerenje ka-

Sl. 5 Principijelna shema serijskog mjerачa kapaciteta sa automatskom kontrolom i upravljanjem

postizanja krajnjeg napona pražnjenja. Mjerenje može biti ručno i električnim satom ili štopericom. Budući da je struja kroz disipator konstantna, izmjereni kapacitet se izračunava množenjem struje pražnjenja i vremena postizanja krajnjeg napona pražnjenja po jednadžbi:

$$C_m = I_{pr} \cdot t_{knp} \text{ [Ah]} \quad (1)$$

gdje je C_m — izmjereni kapacitet, I_{pr} — nominalna struja pražnjenja, a t_{knp} — vrijeme postizanja krajnjeg napona pražnjenja. Ova metoda određivanja

kapaciteta kontroliše iznos struje pražnjenja i vrijeme pražnjenja, te na osnovu ove dvije vrijednosti određuje kapacitet množenjem. Osim ovog načina postoji i manje tačan metod brojanja impulsa u jedinici vremena i prostim dijeljenjem sa nekim modulom dobije se izmjereni kapacitet. Nedostatak ovog načina je u tome što je u većini slučajeva generisanje impulsa neovisno o struji pražnjenja. Bez obzira na izneseno, oba načina su mnogo tačnija od očitavanja vremena pražnjenja, tj. metode izračunavanja izmjerenog kapaciteta.

Mogućnosti konkretne realizacije metode

Realizacija metode serijskog mjerenja kapaciteta može se ostvariti na dva načina:

- modifikacijom postojećih rješenja,
- konstrukcijom i izradom novih mjerača.

a) Modifikacija postojećih rješenja

Pod modifikacijom postojećih rješenja podrazumijeva se da se kao disipator upotrijebi neki od postojećih formacijskih mjerača kapaciteta koji su jednokanalni. U ovom djelu objasniti će se modifikacija mjerača kapaciteta MKA-2, proizvođača »Rade Končar« iz Zagreba. To je mjerač kapaciteta velikih mogućnosti, velike tačnosti, lakog i jednostavnog rukovanja. Nedostatak ovog mjerača kapaciteta jeste što je jednokanalni i što se može mjeriti kapacitet samo jednog akumulatora. Da bi se ovaj nedostatak otklonio, potrebno je u posebnu kutiju smjestiti relej za premošta-

vanje akumulatora i stezaljke za priključivanje akumulatora. Upravljanje relejima može biti ili ručno ili automatski (koji je objašnjen u drugom poglavlju), zavisno od mogućnosti akumulatorske stanice i jedinice. Na slici 6 prikazana je kutija releja za serijsko mjerenje kapaciteta.

Pri određivanju broja akumulatora koji se mogu vezati u seriju potrebno je voditi računa o maksimalno dozvoljenom naponu koji se može priključiti na generator konstantne struje mjerača kapaciteta MKA-2 i dozvoljenoj disipaciji snage na tranzistorima generatora konstantne struje. Budući da su za mjerač kapaciteta upotrebljeni tranzistori 2N3055, kojih je 14 spojeno u paralelu, te da je maksimalno dozvoljeni napon kolektor-emiter tranzistora maksimalno 60 V, znači da se u seriju može vezati najviše 4 akumulatora nazivnog napona 12 V (olovnih i Ni-Cd akumulatora). Dozvoljena disipirana snaga na generatoru je oko 1 kW. To znači da bez problema na ovaj mjerač možemo spojiti 4 olovna akumulatora maksimalnog kapaciteta 180 Ah.

Sl. 6 Modifikacija mjerača kapaciteta MKA-2 za serijsko mjerenje kapaciteta

Spoj akumulatora i disipatora može se izvesti preko posebne kutije, u koju se, zavisno od potrebe, mogu ubaciti releji kontrolisani voltmetrom i upravljani prekidačima ili releji kontrolisani i upravljani komparatorom napona sa ili bez povratne veze.

Kod korištenja mjerača kapaciteta MKA-2 potrebno je potencijometar za krajni napon pražnjenja postaviti u nulti položaj ili na vrijednost krajnjeg napona pražnjenja jednog akumulatora, zavisno od toga koji tip akumulatora je postavljen na mjerač. Iznos struje pražnjenja postavlja se na željenu vrijednost helikoidnim potencijometrom. Kapacitet akumulatora se direktno očitava sa displeja mjerača kapaciteta MKA-2.

b) Izrada novog mjerača kapaciteta

Izrada novog mjerača kapaciteta koji radi na ovom principu objašnjena je u članku »Mjerač kapaciteta jedno i dvoćelijskih Ni-Cd akumulatora« objavljenom u VTG broj 5/86 i u ovom članku nije potrebno dodavati nešto posebno o ovom načinu realizacije metode. Jedino što se može reći jeste da je i taj mjerač samo jedan od mogućih pristupa rješenju. Najidealnije rješenje bio bi mikroprocesorski punjač-pražnjač koji bi u akumulatorskim stanicama poboljšao uslove rada i faktor subjektivne greške sveo na minimum.

Zaključak

Mjerenje kapaciteta u akumulatorskim stanicama u jedinicama se, bez obzira na sve probleme, provodi u zadovoljavajućem obimu i kvalitetno, prije

svega zbog izuzetnog zalaganja akumulatorskih mehaničara i ljudstva koje radi u njima, te zbog dobre teoretske i praktične osposobljenosti kadra za taj posao. Osim toga, u jedinicama je do sada urađen veliki broj modifikacija postojećih rješenja i izrađeno do sada dosta novih mjerača vlastitim snagama. Sva rješenja do sada su, uglavnom, bila jednokanalna i pojedinačna, tako da nisu u velikoj mjeri povećavali kapacitete akumulatorskih stanica u pogledu mjerenja kapaciteta. Prijedlogom ovakvog metoda dobija se višekanalni univerzalni mjerač kapaciteta, koji povećava ukupne kapacitete akumulatorskih stanica za mjerenje kapaciteta i omogućava ispunjavanje zahtjeva proizvođača akumulatora u pogledu ciklusiranja akumulatora bar jedanput godišnje. Na taj se način postiže produžavanje vjeka trajanja akumulatora, što povećava ekonomske uštede usporavanjem potrebe za znavljanjem akumulatora.

Metoda serijskog mjerenja kapaciteta u samo mjerenje ne unosi gotovo nikakvu pogrešku, jer se i do sada, u stvari mjerio kapacitet serijski vezanih akumulatorskih ćelija. Mjerenje koje je provedeno nije pokazalo postojanje greške.

Pravci razvoja metode usmjereni su na istraživanje i realizaciju što boljeg disipatora i množača. Rješenje problema leži u upotrebi mikroračunala kao kontrolnog i upravljačkog sklopa. Osim toga, u memoriji mikroračunala moguće je pohraniti sve relevantne podatke potrebne za praćenje stanja akumulatora u jedinici.

U članku nisu objašnjene konkretne vrijednosti niti realizacija, budući da, prije svega, one ovise o konkretnoj potrebi jedinice i njenih mogućnosti.

Literatura:

- [1] Đurđević I.: »Mjerač kapaciteta jednoćelijskih i dvoćelijskih Ni-Cd akumulatora«, VTG 5/86.
- [2] Jurković B.: »Izvori električne energije«, TŠC, Zagreb, 1975.
- [3] Marčetić M.: »Mogućnosti akumulatorskih stanica za određivanje kapaciteta alkalnih akumulatora«, VTG 5/81.

- [4] Memišević — Beoković: »Hemijski izvori električne energije«, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1983.
- [5] »Rade Končar«: »Uputstvo za upotrebu mjerača kapaciteta MKA-2«.