

Vježba 5. Izrada i određivanje karakteristika superkondenzatora

Kapacitet i unutarnji otpor su dvije osnovne i vrlo važne karakteristike superkondenzatora.

Kapacitet je mjera količine električnog naboja kojeg kondenzator može pohraniti pri određenom naponu i određen je izrazom $C = q / U$. Obzirom da je $q = I t$, kapacitet možemo izračunati prema sljedećem izrazu:

$$C = \frac{I(t_2 - t_1)}{U_1 - U_2} \quad (1)$$

gdje je I konstantna struja pražnjenja, a U_1 i U_2 su naponi na kondenzatoru u trenucima t_1 i t_2 .

Unutarnji otpor je ekvivalentni serijski otpor kondenzatora koji se sastoji od otpora priključnih vodova i otpora elektrolita. Ograničava maksimalnu struju punjenja / pražnjenja, a time i snagu.

ZADATAK

Kod izrade superkondenzatora, najprije je potrebno pripremiti strujni kolektor mehaničkom obradom. Kao strujni kolektor koristi se aluminijski lim koji se ispolira s brusnim papirom gradacije 240. Nakon obrade, kolektor se odmasti etanolom, zatim acetonom te se ispire redestiliranom vodom i suši. Takav strujni kolektor se važe i bilježi se m_1 .

Smjesa elektrodnog materijala koji se nanosi na strujni kolektor sadrži 80% AC komercijalnog aktiviranog ugljika, 10% C45 ugljičnog crnila (dodatka za povećanje električne vodljivosti) te 10% polimernog veziva poliviniliden-fluorida (PVDF) koji se mješaju i natope s par kapi organskog otapala N-metil pirolidona (NMP) da se dobije gusta smjesa. Smjesu je potrebo nanijeti jednoliko i u što tanjem sloju. Opisanim postupkom potrebno je pripremiti dvije elektrode te ih sušiti na 60°C u vakuum sušioniku preko noći.

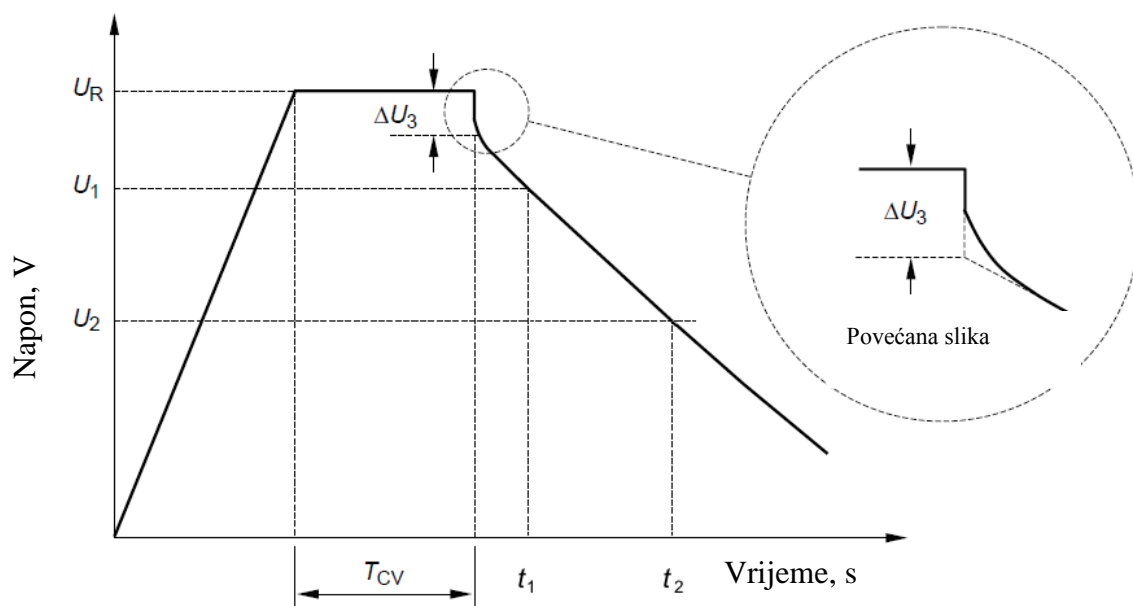
Nakon sušenja, priređene elektrode potrebno je izvagati, m_2 . Prije sastavljanja kondenzaora poleđina elektroda izolira se brzосуšivim lakom. Između elektroda staviti separator od staklenih vlakana (glass fiber) koji se natopiti elektrolitom (1M Na₂SO₄). Uloga separatora je spriječiti međusobi kontakt elektroda te zadržavanje elektrolita. Sastavljeni supekondenzator potrebno je omotati parafilmom, staviti u stezaljku i testirati.

Potrebno je snimiti krivulje punjenja/pražnjenja superkondenzatora i odrediti kapacitet i unutarnji otpor. Nominalne karakteristike komercijalnog superkondenzatora prikazane su sljedećom tablicom:

Kapacitet	6 F
Radni napon	2.5 V
Ekvivalentni serijski otpor	0.1 Ω
Tolerancija kapaciteta	-10% do +30% (20°C)
Temperaturni opseg	-25°C do 70°C

IZVEDBA MJERENJA

Superkondenzator priključite na potenciostat i programirajte ciklus mjerenja prema slici 1 (protokol je definiran normom HRN EN 62576):



Slika 1 Mjerenje kapaciteta i unutarnjeg otpora

Ciklus se sastoji od tri faze:

1. Punjenje konstantnom strujom

Kondenzator se puni do nominalnog napona U_R . Struja punjenja određuje se prema nominalnom serijskom otporu i radnom naponu tako da se kondenzator puni s 95% efikasnošću: $I_c = U_R / 38R_N$.

2. Punjenje konstantnim naponom

Kondenzator se puni konstantnim naponom U_R u trajanju od $T_{CV} = 300s$.

3. Pražnjenje konstantnom strujom

Kondenzator se prazni do vrijednosti napona $U = 0.5U_R$. Struja pražnjenja određuje se prema nominalnom serijskom otporu i radnom naponu tako da se kondenzator puni s 95% efikasnošću: $I_d = U_R / 40R_N$. Interval uzorkovanja napona treba podesiti na 100ms ili manje.

Izračun kapaciteta

Kapacitet izračunavamo prema sljedećem izrazu:

$$C = \frac{I(t_2 - t_1)}{U_1 - U_2} \quad (2)$$

gdje je $U_1 = 0.9 U_R$ i $U_2 = 0.7 U_R$.

Za energetske superkondenzatore zbog nelinearnosti krivulje pražnjenja koristi se metoda konverzije energije, po kojoj se kapacitet izračunava prema sljedećem izrazu:

$$C = \frac{2 W}{(0.9 U_R)^2 - (0.7 U_R)^2} \quad (3)$$

gdje je W izmjerena energija pražnjenja između napona $U_1 = 0.9 U_R$ i $U_2 = 0.7 U_R$. Obzirom da određivanje energije W zahtjeva numeričku integraciju, aproksimirati ćemo krivulju pražnjenja kondenzatora pravcem. Pokažite da u tom slučaju izraz (3) prelazi u (2). Da bi izračunali specifičnu vrijednost kapaciteta, potrebno je izraziti kapacitet po masi aktivnog materijala na obje elektrode (m_1+m_2). Izračun unutarnjeg otpora

Unutarnji otpor izračunavamo prema izrazu (4):

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d} \quad (4)$$

gdje je ΔU_3 propad napona u trenutku početka pražnjenja.