

KAJIAN ULTRA KAPASITOR KE ATAS MOTOR ELEKTRIK

ABDUL ALIFF RAHIM BIN ABD RASHID

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

KAJIAN ULTRA KAPASITOR KE ATAS MOTOR ELEKTRIK

ABDUL ALIFF RAHIM BIN ABD RASHID

**Laporan ini dikemukakan sebagai
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal Bendalir)**

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal

Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM)

2016

PENGAKUAN

Saya akui laporan ini yang bertajuk “Kajian Ultrakapasitor ke Atas Motor Elektrik” adalah hasil kerja saya sendiri kecuali yang dipetik daripada sumber rujukan.

Tandatangan :

Nama : ABDUL ALIFF RAHIM BIN ABD RASHID

Tarikh :

PENGESAHAN PENYELIA

Saya akui bahawa telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal Bendalir).

Tandatangan :

Nama : EN SAFARUDIN GHAZALI HERAWAN

Tarikh :

ABSTRAK

Peranti penyimpanan tenaga amat penting untuk menyimpan tenaga khususnya tenaga elektrik. Keperluan untuk peranti penyimpan tenaga amat berguna kerana ia berguna dalam pelbagai aplikasi dan tujuan. Peranti yang paling kerap digunakan sekarang adalah bateri dan ia mempunyai kelemahan dimana kadar untuk mengecasnya mengambil masa yang amat lama. Ia amat tidak sesuai sekiranya diperlukan dalam waktu kecemasan. Dengan kemajuan teknologi dan penyelidikan, satu peranti penyimpan tenaga telah dicipta iaitu ultra kapasitor. Kajian ini dilakukan untuk mendapatkan kadar masa pengecasan dan dinyahcas ultra kapasitor. Penjana dibangunkan untuk dan dinilai keluaran output voltan beserta kelajuan putarannya dan kesesuaiannya digunakan sebagai pengecas. Ultra kapasitor dicas menggunakan DC-DC bekalan kuasa dan ia mempunyai kadar pengecasan yang amat cepat.

ABSTRACT

Energy storage device is very important as its ability to store energy especially electricity. The need for energy storage devices are important because it are useful in a variety of applications and purposes. A device that commonly used today as energy storage is battery and it has a weakness where its take a long time to been charge . It is not convenient in emergency situation. With advances in technology and research , the energy storage device has been created that is ultra capacitors . This study investigate the time of charge and discharge the ultra capacitor. Development generator as a charging port for ultra capacitor is fabricated and the output voltage with the rate of rotational speed are measured . Ultra capacitor charged using a DC-DC power supply and it has a very fast charging rate

PENGHARGAAN

Bismillhirrahmanirrahim

Bersyukur ke hadrat ilahi dengan izinya, saya berjaya menyempurnakan Projek Sarjana Muda saya iaitu kajian ultra kapasitor ke atas motor elektrik selsesai dengan jayanya. Kesemua cabaran dan rintangan yang dihadapi sewaktu meyiapkan projek ini dihadapi dengan baiknya. Saya ingin berterima kasih kepada penyelia saya, En Safarudin Ghazali Herawan untuk segala ilmu, tunjuk ajar dan nasihat sepanjang proses menjalankan projek.

Penghargaan saya juga saya sampaikan kepada kedua ibu bapa saya yang amat menyayangi, memahami, berdoa serta amat menyokong segala usaha saya. Akhir sekali, penghargaan juga kepada kawan-kawan saya yang terlibat secara langsung atau tidak lansung dalam memberi komitmen, kerjasama dan bantuan sehingga selesai projek ini.

ISI KANDUNGAN

PENGESAHAN PENYELIA	ii
ABSTRACT	iv
ABSTRAK	iii
PENGHARGAAN	v
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI SIMBOL	xii
BAHAGIAN 1	1
Pengenalan	1
1.0 LATAR BELAKANG	1
1.1 PENYATAAN MASALAH	2
1.2 OBJEKTIF	4
1.3 SKOP PROJEK	4
BAHAGIAN 2	
KAJIAN LITERASI	5
2.0 BAGAIMANA ULTRA KAPASITOR BERFUNGSI	5
2.1 KELEBIHAN ULTRA KAPASITOR	6
2.2 KEMUATAN	8
2.3 OUTPUT KUASA	10
2.4 JANGKA HAYAT DAN KEGAGALAN ULTRA KAPASITOR	10
2.5 BANK ULTRA KAPASITOR	12
2.6 MENGEKAS ULTRA KAPASITOR	13
2.7 LITAR PENGIMBANG	15
2.8 KAJIAN TERDAHULU	16

BAHAGIAN 3

METODOLOGI	19	
3.0	PENGENALAN	19
3.1	PEMBANGUNAN UNIT PENJANA KUASA	21
3.1.1	LITAR	21
3.1.2	MOTOR	22
3.1.3	PENJANA ARUS TERUS	23
3.1.4	TAKAL DAN TALI SAWAT	25
3.2	ULTRA KAPASITOR	28
3.2.1	SPESIFIKASI ULTRA KAPASITOR	28
3.2.2	KETUMPATAN DAN CAS ULTRA KAPASITOR	31
3.2.3	BANK ULTRA KAPASITOR	32
3.2.4	BAR PENYAMBUNG	35
3.3	KERJA EKSPERIMEN	37
3.3.1	PEMBANGUNAN PENJANA	37
3.3.2	MENGECAS BANK ULTRA KAPASITOR	37
3.3.3	DINYAHCAS BANK ULTRA KAPASITOR	39

BAHAGIAN 4

KEPUTUSAN DAN ANALISA	40	
4.0	PEMBANGUNAN PENJANA KUASA	40
4.0.1	TAKAL DAN TALI SAWAT	40
4.0.2	PUTARAN KELAJUAN MOTOR DAN PENJANA	42
4.1	KADAR CAS ULTRA KAPASITOR	43
4.2	KADAR DINYAH CAS ULTRA KAPASITOR	48

BAHAGIAN 5	
KESIMPULAN DAN CADANGAN	50
5.0 KESIMPULAN	50
5.1 CADANGAN	50
RUJUKAN	52
LAMPIRAN A	55
LAMPIRAN B	60

SENARAI RAJAH

Rajah 1.0: Ultra kapasitor	3
Rajah 2.0: Asas ultra kapasitor	5
Rajah 2.1: Ultra kapasitor dicas	6
Rajah 2.2: Plat kapasitor	9
Rajah 2.3: Graf jangka hayat ultra kapasitor dengan suhu	12
Rajah 2.4: Contoh bank ultra kapasitor	13
Rajah 2.5: Cas dan dinyahcas ultra kapasitor	14
Rajah 2.6: Struktur binaan pengecas	15
Rajah 2.7: Litar pengimbang pasif	16
Rajah 2.8: Litar pengimbang aktif	16
Rajah 3.1: Carta alir pelaksanaan projek	20
Rajah 3.2: Lakaran litar pengecas	22
Rajah 3.3: Graf prestasi generator	24
Rajah 3.4: Penjana	25
Rajah 3.5: Lakaran takal pemacu dan takal dipacu	26
Rajah 3.6: Saiz ukuran ultra kapasitor model BCAP1200P270K04	28
Rajah 3.7: Ultra kapasitor BCAP1200P270K04	29
Rajah 3.8: Spesifikasi lengkap ultra kapasitor model BCAP1200P270K04	30
Rajah 3.9: Sambungan kapasitor secara siri	33
Rajah 3.10: Sambungan kapasitor secara selari	34

Rajah 3.11: Penyambungan 10 ultra kapasitor dalam siri	35
Rajah 3.12: Spesifikasi bar penyambung	36
Rajah 3.13: Penyambung bar aluminium	36
Rajah 3.14: Litar mengecas fasa satu dengan mentol	38
Rajah 3.15: Rajah susun atur litar dinyahcas	39
Rajah 4.0: Lubang aci motor	41
Rajah 4.1: Tali sawat A43	42
Rajah 4.2: Hubungan antara kelajuan dan output voltan	43
Rajah 4.3 :Cas profil bank ultra kapasitor bagi fasa pertama	44
Rajah 4.4: Cas profil fasa kedua	45
Rajah 4.5 :Cas profil tanpa mentol	46
Rajah 4.6: Perbezaan cas profil dengan dan tanpa menggunakan mentol	46
Rajah 4.7: Dinyahcas profil bank ultra kapasitor	47

SENARAI JADUAL

Jadual 2.0:Perbandingan prestasi bateri asid plumbun dan ultra kapasitor	8
Jadual 3.0 Spesifikasi teknikal motor engine Steel Power STP328	23
Jadual 3:1 Spesifikasi generator	24
Jadual 4.0: Spesifikasi kelajuan motor, penjana dan output voltan	42

SENARAI SIMBOL

Q	Kuantiti elektrik
C	Kemuatan
V	Voltan
A	Luas
D, d	Diameter
N	Kelajuan putaran
L	Panjang
ϵ_r	Relatif ketulusan
ϵ_0	Ketulusan ruang

BAHAGIAN 1

Pengenalan

1.0 LATAR BELAKANG

Peranti penyimpanan tenaga adalah satu peranti yang telah dicipta untuk menyimpan tenaga yang akan digunakan untuk melakukan sesuatu kerja. Selepas penemuan konsep elektik sebagai tenaga, penciptaan dan pembangunan tenaga elektrik telah dibuat sehinggalah dikomersialkan. Elektrik atau “electricus” dalam bahasa Latin adalah perkataan untuk menggambarkan kuasa apabila sesuatu bahan digeselkan antara satu sama lain. Tenaga Statik elektrik dipercayai telah dijumpai oleh golongan Purba Yunani pada 600 BC. Pada kurun ke-17, banyak penciptaan melibatkan tenaga elektrik telah dihasilkan termasuklah penjana elektrik, arus positif dan negatif, dan pengelasan bahan antara penebat dan penyalir elektrik.

Peranti penyimpanan tenaga amat penting untuk menyimpan tenaga khususnya tenaga elektrik. Selepas berabad lamanya, industri penyimpanan tenaga telah mencipta pelbagai peranti mengikut kemampuan teknologi semasa termasuklah elektrokimia bateri, sel bahan api, kapasitor dan sebagainya. Kini satu generasi baharu peranti penyimpanan tenaga telah masuk ke dalam segmen ini iaitu ultra-kapasitor.

Ultra-kapasitor adalah revolusi perubahan daripada asas kapasitor. Ultra-kapasitor adalah komponen elektrik yang menyimpan tenaga dalam bentuk medan tenaga elektrik melalui polarisasi. Proses ultra-kapasitor langsung tidak melibatkan tindak balas kimia seperti mana bateri konvensional. Kelebihan lain yang ada pada ultra-kapasitor adalah

ianya boleh digunakan pada suhu bawah takat beku sehingga -40 darjah celsius. Ultra-kapasitor yang telah dicipta mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga 5000F.

Ultra-kapasitor terdiri daripada 2 kepingan plat besi (masing-masing terdiri positif dan negatif ion) yang mengapit elektrod yang disalut dengan elektrolit dan diasingkan kedua-dua bahagian dengan penebat elektrik. Pergerakan ion pada elektrolit disebabkan oleh voltan yang dikenakan keatas kedua-dua plat. Apabila voltan dikenakan keatas kedua-dua plat, ion pada elektrolit akan terkumpul pada permukaan plat. Negatif ion akan bergerak ke positif elektrod (anod) dan positif ion akan bergerak ke negatif elektrod (katod) maka akan terhasil satu lapisan antara plat dan elektrod dan disinilah terhasilnya statik cas.

Ultra-kapasitor telah meluas digunakan pada masa kini. Banyak bidang telah menggunakan ultra-kapasitor termasuklah di dalam bidang ketenteraan. Ultra-kapasitor digunakan dalam kenderaan-kenderaan tentera termasuklah didalam kereta kebal dan kapal selam serta digunakan pada misil pelancar roket. Bank ultra-kapasitor pula digunakan dalam industri berat untuk menggerakkan dan mengangkat bebanan yang berat seperti jentera kren dan forklift. Syarikat automotif dunia juga tidak terkecuali telah berubah menggunakan ultra-kapasitor didalam kenderaan hybrid mereka bagi menggantikan tenaga konvensional.

1.1 PENYATAAN MASALAH

Peranti penyimpanan tenaga amat penting bagi memenuhi keperluan sekarang. Keperluan untuk peranti penyimpan tenaga amat berguna kerana ia berguna dalam pelbagai aplikasi dan tujuan. Ia juga amat mesra pengguna dan praktikal digunakan kerana peranti penyimpan tenaga bersaiz yang kecil dan boleh dibawa kemana-mana sahaja. Peranti penyimpan tenaga amat ekonomi kerana boleh digunakan berulang kali. Tenaga elektriknya boleh dicas kembali selepas digunakan. Peranti penyimpan tenaga paling

banyak dan popular digunakan pada masa kini adalah bateri. Bateri telah lama digunakan semenjak penciptaanya lebih seabad yang lalu. Namun begitu, masalah yang ada pada kebanyakan bateri sedia ada adalah kemampuannya untuk mengecas dan dinyahcas. Ini kerana bateri mengambil masa yang lama untuk mengecas setelah digunakan mendatangkan masalah jika keperluannya pada waktu kecemasan.

Dengan kemajuan teknologi dan penyelidikan, satu peranti penyimpan tenaga telah dicipta iaitu ultra kapasitor (Rajah 1.0). Ultra kapasitor telah mula menjadi pilihan pengguna kerana ketahanan, kebolehpercayaan dan kualiti untuk menggantikan penggunaan bateri. Kelebihan pada ultra kapasitor jika dibandingkan dengan konvensional bateri adalah kadar cas dan dinyahcas amat cepat. Penggunaan ultra kapasitor amat luas termasuklah dalam sektor pengangkutan, elektronik, solar grid dan juga dalam industri sebagai tenaga boleh diperbaharui.



Rajah 1.0:Ultra kapasitor

1.2 OBJEKTIF

Objektif untuk projek adalah seperti berikut:

1. Membangunkan tapak untuk memasang enjin motor dan penjana.
2. Membuat mendapatkan kelajuan motor dan penjana serta hasil keluaran voltan oleh penjana.
3. Mendapatkan arus dan masa dalam mengecas ultra-kapasitor.
4. Mendapatkan kadar dinyahcas ultra kapsitor ke atas motor elektrik.

1.3 SKOP PROJEK

Skop untuk projek ini adalah:

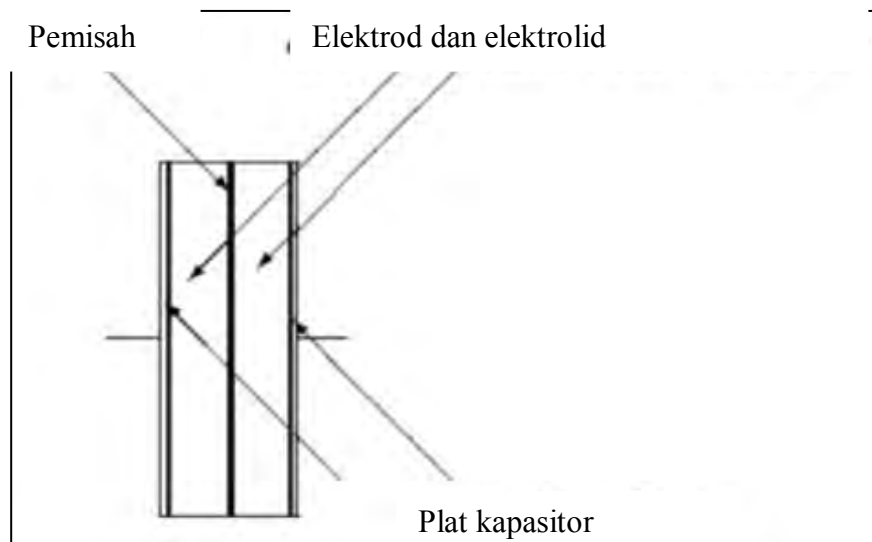
1. Membuat pembangunan penjana yang melibatkan komponen motor dan penjana arus terus.
2. Sebanyak 10 unit ultra kapasitor digunakan dalam menjalankan projek.

BAHAGIAN 2

KAJIAN LITERASI

2.0 BAGAIMANA ULTRA KAPASITOR BERFUNGSI

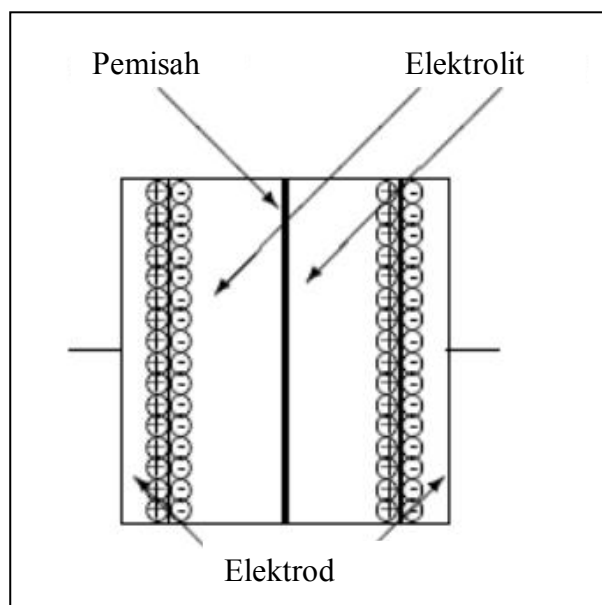
Ultra kapasitor mempunyai kuasa ketumpatan yang tinggi dan tidak dapat diperolehi dari tradisional kapasitor mahupun bateri. Rajah 2.0 menunjukkan ultra kapasitor terdiri daripada 2 plat elektrod, elektrolit dan pemisah. Permukaan elektrod ultra kapasitor dihasilkan daripada bahan aktif karbon. Dua elektrod ini diselaputi atau bercampur dengan elektrolit, seperti asid sulfurik dan kedua-duanya dipisahkan dengan pemisah atau penebat yang nipis. Pemisah ini bertujuan untuk menghalang litar pintas daripada berlaku akibat pergerakan cas antara dua elektrod. Namun, pergerakan ion masih boleh berlaku dalam elektrolit.



Rajah 2.0:Asas ultra kapasitor (Dzielinski & Sierociuk, 2008)

Secara teorinya, ultra kapasitor menyimpan tenaga melalui cas elektrostatik pada permukaan elektrod. Apabila voltan dikenakan pada elektrod, carbon pada elektrod akan dicas dan berlaku pergerakan ion antara elektrod. Ion akan bergerak berlawanan dengan kutup ketika medan elektrik dicas. Negatif ion bergerak ke anod dan positif ion bergerak ke katod. Pergerakan ini berlandaskan fenomena fizik dan bukannya tindak balas kimia.

Pada ketika ini, wujud dua lapisan antara elektrod dan elektrolit seperti Rajah 2.1. Dua lapisan ini juga telah membuat ultra kapasitor juga dikenali sebagai kapasitor dua-lapisan. Prinsip kerja ultra kapasitor telah diilhamkan oleh Helmholtz yang telah menemui kewujudan dua lapisan ini dan menamakannya lapisan Helmholtz.



Rajah 2.1: Ultra kapasitor dicas

2.1 KELEBIHAN ULTRA KAPASITOR

Ultra kapasitor mempunyai ciri-ciri dan keistimewaan yang tersendiri jika dibandingkan dengan peranti penyimpan elektrik yang lain. Kelebihan yang ada pada ultra kapasitor membuatnya lebih efektif digunakan dalam pelbagai aplikasi. Ultra kapasitor mempunyai kecekapan yang tinggi. Kecekapan coulomb ultra kapasitor hampir

menghampiri 100% dan ia menunjukkan amat kurang atau boleh dikatakan tiada cas yang hilang daripada ultra kapasitor ketika ultra kapasitor dicas atau dinyahcas. Kadar masa yang diambil untuk mengecas dan dinyahcas juga mempunyai kadar yang sama.

Selain itu, ultra kapasitor juga dapat menyimpan arus elektik dalam kuantiti yang tinggi. Reka bentuk ultra kapasitor yang amat kurang rintangan membuatnya dapat dicas dengan lebih cepat dan seterusnya menjimatkan masa mengecas. Ia amat sesuai untuk peralatan atau situasi dimana jana semula tenaga elektrik diperlu dengan segera dan cepat. Ultra kapasitor bersaiz kecil tetapi mempunyai julat voltan yang tinggi. Ultra kapasitor juga boleh menambah julat voltan yang lebih tinggi dengan meyusun ultra kapasitor dalam litar siri. Ultra kapasitor yang disusun dalam litar siri dapat menambah nilai voltan yang diperlukan dan ini dinamakan bank ultra kapasitor. Bank kapasitor merupakan alternatif sebagai sumber tenaga kuasa.

Tenaga yang dijana oleh ultra kapasitor bukanlah hasil tindak balas kimia, dan oleh yang demikian ultra kapsitor boleh digunakan pada suhu persekitaran yang eskترم, dibawah takat beku serendah -40°C dan juga boleh digunakan pada suhu yang tinggi sehingga 65°C . Ia juga mampu beroperasi walaupun pada suhu ultra kapasitor itu sendiri 85°C tanpa memberi kesan kerosakan pada bahagian dalam ultra kapasitor.

Ultra kapasitor boleh dicas dan dinyahcaskan beribu kali dengan amat minimum penurunan prestasinya. Ultra kapasitor amat berbeza dengan bateri yang tenaga dihasilkan melalui tindak balas kimia, Setiap kali dicas dan dinyahcas, prestasi bateri akan berkurangan dan memendekkan jangka hayat penggunaan bateri. Dalam kata lain, lebih kerap bateri dicas, lebih pendek jangka hayat bateri. Mekanisma simpanan tenaga ultra kapsitor iaitu proses pergerakan cas dan ion adalah proses berbalik yang tinggi dan prosesnya amat stabil. Oleh yang demikian, ultra kaspasitor mempunyai jangka hayat yang

panjang dan penggunaannya amat praktikal dan menjimatkan kos untuk jangka masa panjang.

Jadual 2.1: Perbandingan prestasi antara bateri asid plumbum dan ultra kapasitor
(sumber : Maher, 2005)

	Bateri asid plumbum	Ultra kapasitor	Kapasitor
Masa mengecas	1-5 jam	0.3-0.3 saat	0.01 -0.00001 saat
Masa Dinyahcas	0.3-3 jam	0.3-0.3 saat	0.01 -0.00001 saat
Tenaga (Wh/kg)	10-100	1-10	<0.1
Putaran hayat	1000	>500,000	>500,000
Kuasa Khusus	<1000	<10,000	<100,000
Kecekapan cas/dinyahcas	0.7-0.85	0.85-0.98	>0.95

2.2 KEMUATAN

Kapasitor direka untuk menyimpan kapasiti elektrik. Kapasiti elektrik kapasitor adalah ratio antara kuantiti elektrik dengan tekanan elektrik atau voltan. Kapasiti kapasitor boleh dinyatakan menggunakan persamaan (2.1) seperti dibawah:

$$Q = CV \quad (2.1)$$

Q = Kuantiti elektrik(coloumb)

C = kapasiti kapasitor (farad)

V = voltan (volt)

Berpandukan persamaan (2.1), kapasiti dinyatakan dalam persamaan (2.2) iaitu kuantiti elektrik dibahagi dengan voltan.

$$C = Q / V \quad (2.2)$$

Kapasiti kapasitor bergantung kepada kepada saiz dan jarak antara plat. Kapasiti kapasitor ini dikenali sebagai kemuatan. Kemuatan kapasitor ketika dinyahcas boleh dikira menggunakan persamaan (2.3).

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \text{ [Farad]} \quad (2.3)$$

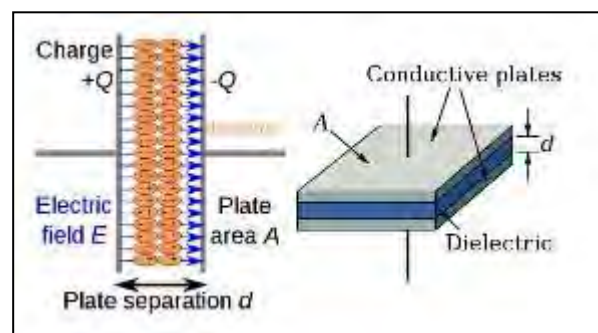
C = kemuatan, F

ϵ_r = relatif ketulusan

ϵ_0 = ketulusan ruang (8.854×10^{-12} F/m²)

A = luas permukaan plat (m²)

d = jarak antara plat (m)



Rajah 2.1: Plat kapasitor (sumber: Zesiger, 2015)

Untuk memaksimumkan kemuatan kapasitor, luas permukaan A mestilah maksimum manakala jarak dielektrik pemisah d mestilah minima (Bodnar & Redman-White, 2011; Huang & Lin, 2012). Rajah 2.2 menunjukkan keratin rentas ultra kapasitor. Ultra kapasitor mempunyai kemuatan yang tinggi kerana memenuhi aspek kemuatan ini berbanding lain-lain kapasitor. Kelebihan yang ada pada ultra kapasitor adalah bahan karbon aktif yang digunakan. Bahan aktif karbon mempunyai liang yang banyak seterusnya menambahkan luas permukaannya.

Luas permukaan karbon aktif mempunyai luas permukaan antara 500 ke 2000 m² / g (Dzielinski & Sierociuk, 2008; Spyker, 2000). Luas permukaan ini berfungsi sebagai menyimpan cas. Selain itu, jarak antara elektrod amatlah nipis senipis nano meter. Ini kerana elektrod dipisahkan dengan lapisan filem pengasingan yang terhasil akibat wujudnya elektrolisis bukannya lapisan pepejal dielektrik yang ada pada kapasitor biasa.

Kesimpulannya, semakin besar luas permukaan, dan semakin kecil jarak pemisah, kumuatan kapasitor semakin besar.

2.3 OUTPUT KUASA

Tenaga yang dikeluarkan oleh ultra kapasitor adalah voltan. Penyimpanan tenaga menggunakan persamaan dibawah.

$$E = \frac{1}{2} CV^2(\text{joule}) \quad (2.4)$$

Untuk mendapatkan output kuasa maksimum yang dihasilkan oleh kapasitor, komponen dalaman kapasitor perlu diambil dalam pengiraan kerana komponent tersebut juga menjadi perintang secara tidak langsung walaupun nilai perintangnya kecil. Semua dalaman komponen yang mempunyai sifat perintang ini dikenali sebagai perintang siri setara (ESR). Persamaan (2.5) adalah formula untuk mendapatkan output kuasa maksimum kapasitor.

$$P_{max} = \frac{V^2}{4xESR} \quad (2.5)$$

Ultra kapasitor mempunyai nilai ESR yang amat rendah. Ini membuatkan ultra kapasitor mempunyai kitaran kecekapan dan kuasa keluaran yang tinggi.

2.4 JANGKA HAYAT DAN KEGAGALAN ULTRA KAPASITOR

Secara umumnya, ultra kapasitor mempunyai jangka hayat yang panjang dan susah untuk mengalami kegagalan fungsi atau kerosakan. Ia amat bergantung kepada penggunaan dan cara penggunaan. Namun begitu, ultra kapasitor masih boleh mengalami kegagalan akibat beberapa faktor. Faktor komponen itu sendiri mengalami tekanan fizikal dan penggunaan yang salah. Kegagalan ultra kapasitor untuk berfungsi boleh ditakrif apabila kemuatan atau ESR mahupun kedua-duanya menurun dengan banyak dari apa yang dicapai oleh ultra kapasitor itu.