

# **KAJIAN UMUM MENGENAI SISTEM KENDERAAN ELEKTRIK**

**Disertasi ini dikemukakan kepada  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan  
untuk ijazah dengan kepujian**

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN ELEKTRIK)**

**Oleh**

**SITI SALSALIAH BINTI JASMALI**

**Pusat Pengajian Kejuruteraan  
Elektrik dan Elektronik  
Universiti sains Malaysia**

**Mac 2005**

## ABSTRAK

Tujuan utama projek ini ialah bagi menerangkan pembinaan kereta elektrik dengan memilih model motor DC sesiri sebagai penggerak kereta elektrik dan kuasa bateri lead-asid sebagai pembekal kuasa kepada motor. Fokus utama akan ditumpukan kepada pengiraan kuasakuda motor sebuah kereta berdasarkan parameter-parameter kenderaan dan huraianya. Seterusnya kertas kerja ini akan menerangkan operasi motor DC sesiri dan mengira jumlah bateri yang diperlukan berdasarkan parameter-parameter bateri untuk sebuah kenderaan elektrik. Operasi motor DC sesiri ini dibincangkan bagi membuktikan motor tersebut adalah pilihan yang sesuai bagi sebuah kereta. Walaubagaimanapun, projek ini bukanlah untuk memperbaharui atau memperbaiki teknologi yang sedia ada tetapi lebih kepada asas atau pengenalan komponen elektrik iaitu motor dan bateri yang popular sebagai penggerak utama kenderaan elektrik.

## ABSTRACT

The main objective of this project is about explaining the development of electric car by choosing a model of motor DC series as a propeller and a power of lead-acid battery as a power supplier to a motor. The focus will be on calculation of motor horsepower and battery for a car based on car's parameters. Next, this paper work will explain the operation a motor DC series and determine the sum of battery needed in an electric car. The operation of motor DC series is discussed to show the motor is a suitable choices. However this project is not to renew or repairing the technology but more to basic or introduction of electric component of electric car. Motor and battery are very popular and main propeller for electric car.

## ISI KANDUNGAN

Surat

Muka

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
JADUAL ISI KANDUNGAN	iv
SENARAI RAJAH DAN JADUAL	vi
PENGHARGAAN	viii
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Latar Belakang Projek .	1
1.2 Kepentingan Kenderaan Elektrik.	1
1.3 Sistem Kenderaan Elektrik	2
1.4 Pemilihan Motor Arus Terus Siri.	3
1.5 Pemilihan Bateri Lead-Asid.	4
1.6 Panduan laporan.	5
BAB 2 OPERASI MOTOR ARUS TERUS SIRI.	6
2.1 Pengenalan	6
2.2 Prinsip Motor Arus Terus.	7
2.2.1 Ciri-Ciri Asas Motor A.T Siri.	10
2.2.2 Kepentingan E.M.F Berbalik.	12
2.2.3 Keupayaan Bertindak Sebagai Penjana	13
2.3 Tork dan Kecekapan Motor	17
BAB 3 BATERI LEAD-ASID	19

3.1 Pengenalan	19
3.2 Ciri-Ciri Elektrik Bateri	20
3.3 Parameter-Parameter Bateri	21
3.4 Mencas Bateri Kenderaan Elektrik.	22
BAB 4 MENENTUKAN KUASA MOTOR DAN BATERI .	24
4.1 Pengenalan	24
4.2 Parameter-Parameter Kenderaan Elektrik.	
4.2.1 Parameter Berat	24
4.2.2 Parameter Saiz	25
4.2.3 Parameter Kuasa , Daya dan Tork	26
4.3 Spesifikasi Teknikal Kereta Kembara DVVT.	33
4.4 Menentukan Bilangan Bateri.	34
4.5 Keputusan Pengiraan Parameter-Parameter Kereta Yang Bergerak .	35
4.6 Litar Setara Penyambungan Bateri dan Motor Siri.	37
BAB 5 KESIMPULAN	38
RUJUKAN.	

## SENARAI RAJAH DAN JADUAL

### Senarai Rajah

<u>Rajah</u>	<u>Tajuk</u>	<u>Muka surat</u>
1.1	Gambarajah sistem kereta elektrik.	2
2.1	Prinsip Motor A.T	8
2.2	Keratan rentas pada pemutar dan pemegun motor a.t.	9
2.3	Litar setara motor siri.	10
2.4	Ciri halaju-tork motor arus terus siri.	12
2.5	Proses pembalikan mesin dc menjadi penjana dan motor.	14
2.6	Permotoran pada motor a.t siri.	15
2.7	Membrek dan menjana semula pada motor a.t siri.	16
2.8	<i>Plugging</i> motor arus terus.	17
4.1	Keluasan hadapan sebuah kereta.	26
4.2	Sebuah kereta bergerak pada halaju malar.	27
4.3	Tork dan momen inersia yang bertindak pada sebuah tayar hadapan serta halaju sudut .	31
4.4	Sebuah kereta bergerak pada tahap kecuraman 30°.	32
4.5	Litar setara bateri dan motor a.t siri.	37

## **Senarai Jadual**

<u>Jadual</u>	<u>Tajuk</u>	<u>Muka surat</u>
4.1	Pekali geseran udara untuk beberapa jenis kenderaan.	28
4.2	Spesifikasi-spesifikasi teknikal kereta model Kembara DVVT.	33
4.3	Spesifikasi-spesifikasi kereta elektrik sedang bergerak yang ditetapkan.	35
4.4	Keputusan pengiraan daya dan kuasa motor bagi kereta elektrik yang bergerak.	36

## PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang..

Pertama-tamanya dipanjatkan rasa syukur ke hadrat Ilahi di atas limpah kurniaNya memberi keizinan dan kesempatan kepada saya dalam usaha melaksanakan projek tahun akhir ini.

Setinggi penghargaan kepada penyelia projek iaitu Dr.Ir Syafrudin Masri di atas perhatian, tunjuk ajar dan nasihat yang berguna telah diberikan sepanjang projek ini berjalan. Tidak dilupakan kepada En Khairil Faizi bin Mustafa, pensyarah pusat pengajian Kejuruteraan Mekanik dan En Naina Muhammad, juruteknik Syarikat Dunlop Sdn Bhd yang juga turut memberi tunjuk ajar kepada saya .

Seterusnya kepada rakan – rakan seperjuangan, sama-sama bertungkus-lumus menyiapkan projek ini dan memberi sokongan moral serta pelajar-pelajar master yang telah memberikan bantuan secara langsung ataupun tidak.

Akhir sekali teristimewa buat ibu, ayah dan adik-adik di rumah yang tak putus-putus memberikan sokongan kepada saya. Doa dan restu kalian menjadi pendorong yang kuat kepada saya.

Daripada,

Siti Salsaliah Jasmali.



# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 Latar Belakang Projek.**

Objektif utama projek ini adalah menjalankan kajian ke atas pembinaan sebuah model kenderaan elektrik yang bersumber kuasa bateri dan motor. Laporan ini cuba menerangkan operasi dan ciri-ciri penggerak utama kenderaan elektrik ini. Seterusnya kuasa motor dan bateri yang sesuai akan ditentukan berdasarkan pengiraan daya dan tork pada kereta yang sedang bergerak.

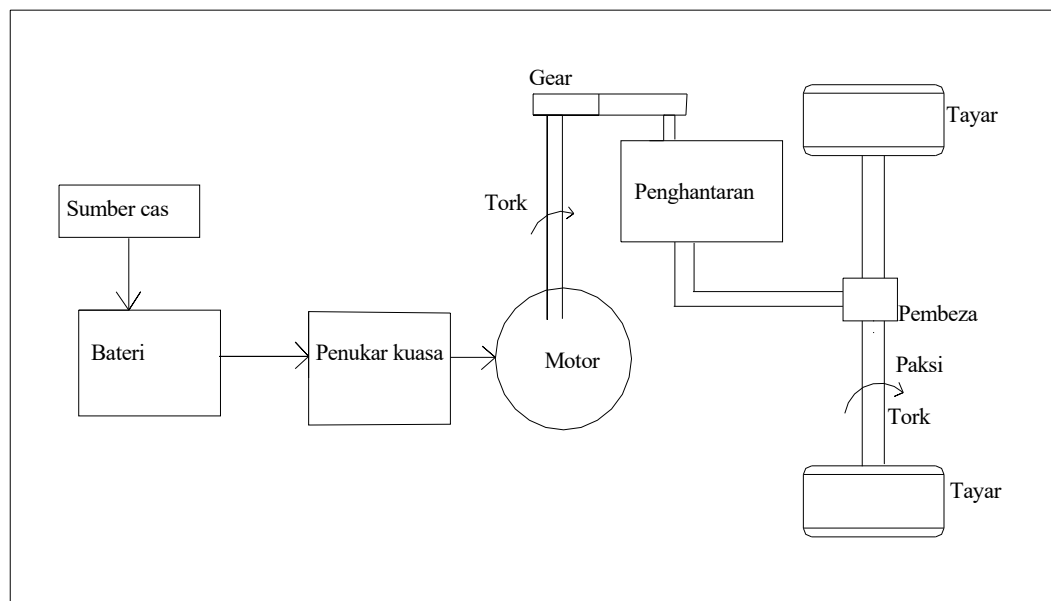
### **1.2 Kepentingan Kenderaan Elektrik.**

Masalah pencemaran merupakan musuh utama dalam era pembangunan sejagat terhadap alam sekitar. Jenis pencemaran ini telah pun diklasifikasikan dengan pelbagai bentuk dan salah satu pencemaran yang dipandang serius oleh kerajaan mahupun orang awam ialah pencemaran udara. Kesan tamparan daripada pencemaran ini negara kita mengalami masalah udara kotor yang mengandungi kandungan bahan yang membahayakan kesihatan yang dipanggil jerebu. Punca utama adalah pengeluaran asap daripada kenderaan ataupun kilang perindustrian yang berlebihan. Ini kerana, kenderaan bermotor di negara kita menggunakan sistem pembakaran konvensional dalam sistem enjinnya. Asap yang terhasil daripada sistem pembakaran inilah yang telah mengotorkan udara serta menipiskan lapisan ozon. Selain daripada itu, masalah pencemaran bunyi juga dapat diatasi, dimana bunyi-bunyi yang bingit dan mengganggu ketenteraman awam datang daripada bunyi ekzos kenderaan.

Berdasarkan masalah-masalah ini, pelbagai usaha dijalankan bagi mengurangkan masalah tersebut. Salah satu daripadanya ialah wujud serta terciptanya pelbagai jenis kenderaan elektrik dan keberkesanannya terbukti di atas jalan raya. Sehubungan itu, ‘Permodalan Otomobil Elektrik Malaysia’ telahpun mempelopori usaha ini dengan menghasilkan kenderaan elektrik yang diguna secara komersial. Manakala motor arus terus siri dan bateri lead-asid menjadi pemilihan kepada komponen kenderaan elektrik.

### 1.3 Sistem Kenderaan Elektrik.

Rajah 1.1 menggambarkan maksud sebenar kenderaan elektrik. Ia menunjukkan bahawa motor elektrik dan bateri adalah sumber tenaga dan penggerak utama bagi kenderaan elektrik.



Rajah 1.1: Gambarajah sistem kereta elektrik.

Dua ciri utama kenderaan elektrik ialah,

- i. Sumber tenaga yang bersifat kimia dan mudah alih.
- ii. Daya kuasa yang dibekalkan oleh motor elektrik sahaja.

Komponen-komponen utama sistem kenderaan elektrik terdiri daripada motor elektrik, penukar kuasa, sumber kuasa (bateri) dan sistem penghantaran. Kriteria asas bagi pemilihan motor elektrik bagi aplikasi kenderaan ialah bersesuaian dengan tahap kuasa dan kehendak kenderaan samada dalam keadaan stabil ataupun tidak. Kebanyakan kenderaan elektrik, perbincangan adalah berasaskan mesin arus terus berbanding dengan mesin arus ulang-alik kerana keupayaannya bertindak sebagai motor dan penjana serta serba boleh dan tahan lasak.

Sumber kuasa iaitu bateri akan membekalkan keperluan tenaga kepada sistem pacuan iaitu motor. Secara tradisinya, bateri-bateri kimia merupakan sumber tenaga kepada kenderaan elektrik. Bateri lead-asid adalah pilihan utama oleh kerana pembinaan teknologi yang baik dan harga yang murah serta mudah didapati di pasaran. Bateri memerlukan sumber cas bateri untuk menyimpan semula tenaga ke dalam bateri.

Manakala penukar kuasa merupakan penghubung di antara sumber kuasa dan motor dengan membekalkan motor dengan kuasa voltan, arus dan frekuensi yang sesuai. Berdasarkan huraian kepada sistem kenderaan elektrik di atas, motor elektrik dan bateri menjadi fokus utama kepada projek ini.

#### **1.4 Pemilihan Motor A.T Siri.**

Motor-motor arus terus mempunyai ciri-ciri boleh ubah dan telah digunakan secara

berkembang pada kelajuan boleh ubah. Motor arus terus boleh membekalkan permulaan tork yang tinggi dan dengan ini memperoleh kawalan halaju dalam julat yang besar. Kaedah-kaedah bagi kawalan halaju selalunya adalah lebih mudah dan murah daripada motor arus ulang-alik. Motor arus terus memainkan peranan penting dalam industri automotif masakini. Motor arus terus siri selalu digunakan pada halaju boleh ubah dan secara tradisinya motor siri diaplikasikan pada kuasa atau tenaga untuk menarik sesuatu.

Motor arus terus tidak sesuai digunakan pada aplikasi halaju yang sangat tinggi dan memerlukan lebih penyelenggaraan berbanding dengan motor arus ulang-alik. Kemajuan masakini dalam penukaran kuasa, teknik-teknik kawalan, dan mikrokomputer menjadikan penggunaan motor arus ulang-alik meningkat berbanding motor arus terus. Walaupun halatuju masa depan menuju kepada penggunaan motor arus ulang alik, tetapi motor arus terus baru-baru ini digunakan secara meluas di industri-industri. Penerangan yang terperinci akan diterangkan di dalam Bab 2.

### **1.5 Pemilihan Bateri Lead-Asid.**

Bateri Lead-Asid dikenali sebagai bateri sekunder iaitu bateri cas semula. Ia digunakan secara meluas dan berkembang sebagai sumber kuasa kenderaan elektrik. Ciri-ciri penting bagi bateri sekunder ini ialah mempunyai keupayaan untuk mengalami nyahcas dan mencas semula. Ia mengalami pertukaran daripada tenaga elektrik kepada tenaga kimia dan bertukar balik kepada tenaga elektrik iaitu proses pembalikan secara berterusan dan tenaga diguna secara cekap. Selain itu bateri sekunder ini mengalami penukaran fizikal yang minima dan menghadkan kitar tugas bateri. Di dalam bateri

tersebut berlaku pemrosesan secara kimia dan menyebabkan penghakisan komponen bateri dan kehilangan pada tenaga.

Seterusnya bateri lead-asid ini memiliki ciri-ciri normal dan memang sepatutnya ada pada bateri sekunder. Ia mempunyai tenaga yang tinggi, rintangan rendah dan pelaksanaan atau kemajuan bateri pada kadar yang tinggi dan suhu rendah. Bateri lead-asid turut direka pada kitar tugas yang baik serta mengalami proses menyahcas enam hingga sembilan jam. Selain itu bateri ini sangat popular dan berada di pasaran pada harga yang murah . Penerangan yang terperinci akan diterangkan di dalam Bab 3.

## **1.6 Panduan Laporan**

Di dalam Bab 1 telah memberikan pengenalan kepada objektif projek dan pengenalan secara kasar kepada sistem yang digunakan di dalam kenderaan elektrik. Manakala Bab 2 akan membincangkan operasi motor arus terus siri yang memenuhi aplikasi sebagai motor kenderaan elektrik. Bab 3 pula akan menerangkan ciri-ciri bateri lead-acid. Dalam bab ini parameter-parameter bateri akan cuba diterangkan. Seterusnya Bab 4 akan menentukan kuasa motor dan bateri yang diperlukan berdasarkan pengiraan jumlah daya pada sebuah kenderaan yang bergerak pada keadaan biasa dan keadaan curam. Keputusan parameter-parameter tersebut dinyatakan dalam jadual. Seterusnya Bab 5 menyatakan kesimpulan pada keseluruhan bab dan cadangan penambahbaikan.

## **BAB 2**

### **OPERASI MOTOR ARUS TERUS (A.T) SIRI.**

#### **2.1 Pengenalan.**

Perkara asas dalam kenderaan elektrik ialah pertukaran kuasa elektrik kepada kuasa mekanik. Motor a.t sering digunakan untuk menukarkan tenaga elektrik kepada tenaga mekanik yang bertindak pada tayar-tayar kenderaan yang berputar. Selain itu motor a.t juga berupaya untuk beroperasi sebagai penjana pada keadaan kenderaan membrek dan menuruni bukit. Kuasa daripada bateri kepada motor adalah dalam bentuk arus terus yang dikawal oleh litar medan dan litar angker. Bahagian ini akan menerangkan operasi motor arus terus sesiri di dalam kenderaan yang boleh berfungsi sebagai motor dan penjana. Mesin arus terus ini adalah serba boleh, tahan lasak dan digunakan secara meluas dalam industri termasuk industri automotif. Ciri-ciri halaju-tork boleh diperolehi daripada pelbagai sambungan lilitan medan. Di sini akan diterangkan motor arus terus yang disambungkan lilitan medan secara sesiri di mana ciri-ciri halaju-tork bersesuaian dengan aplikasi sebuah kenderaan. Persamaan akan diberikan untuk menunjukkan bahawa motor siri boleh membekalkan tork yang tinggi pada *starting*. Apabila voltan angker dibekalkan dari voltan terminal iaitu bateri, perhubungan antara halaju-tork akan mengikut ciri-ciri asas motor. Bagi menerangkan seterusnya operasi asas motor a.t serta mod-mod operasinya, kita mestilah mengetahui struktur-struktur asas motor elektrik arus terus iaitu:

i. Pemutar (*rotor*).

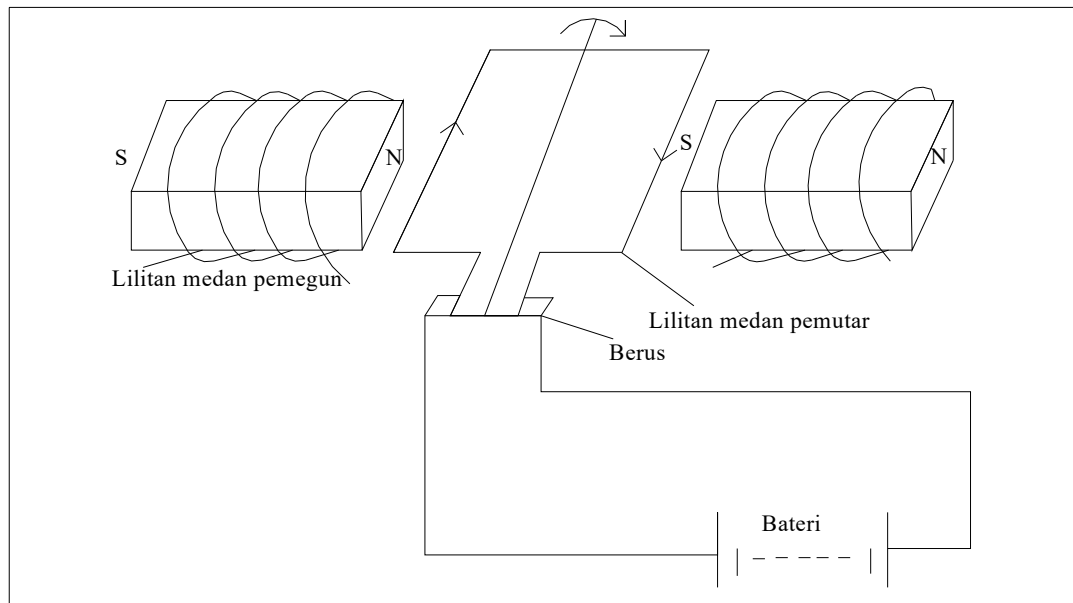
Binaan dibuat daripada bahan-bahan ferromagnetik, yang mana ia mengandungi batang aci (*shaft*) dan perlaminan pemutar. Pengujaan magnet kekal berlaku pada pemutar menghasilkan medan magnet kekal di sekeliling sela pemutar. Belitan angker pada pemutar mengaruhkan voltan.

ii. Pemegun (*stator*).

Binaannya juga dibuat daripada bahan ferromagnetik iaitu magnet kekal. Bahagian ini tidak bergerak dan pada lapisan luar terdapat celah-celah yang mengandungi belitan medan. Belitan medan pada pemegun bertujuan untuk melalukan arus terus untuk menghasilkan fluks kepada mesin.

## **2.2 Prinsip Motor Arus Terus.**

Prinsip motor arus terus dua kutub cuba diterangkan pada Rajah 2.1. Pemutar dililit oleh beberapa lilitan yang bersudut tepat dengan paksi pemutar (tetapi gambarajah ditunjuk sebagai satu lilitan pemutar).

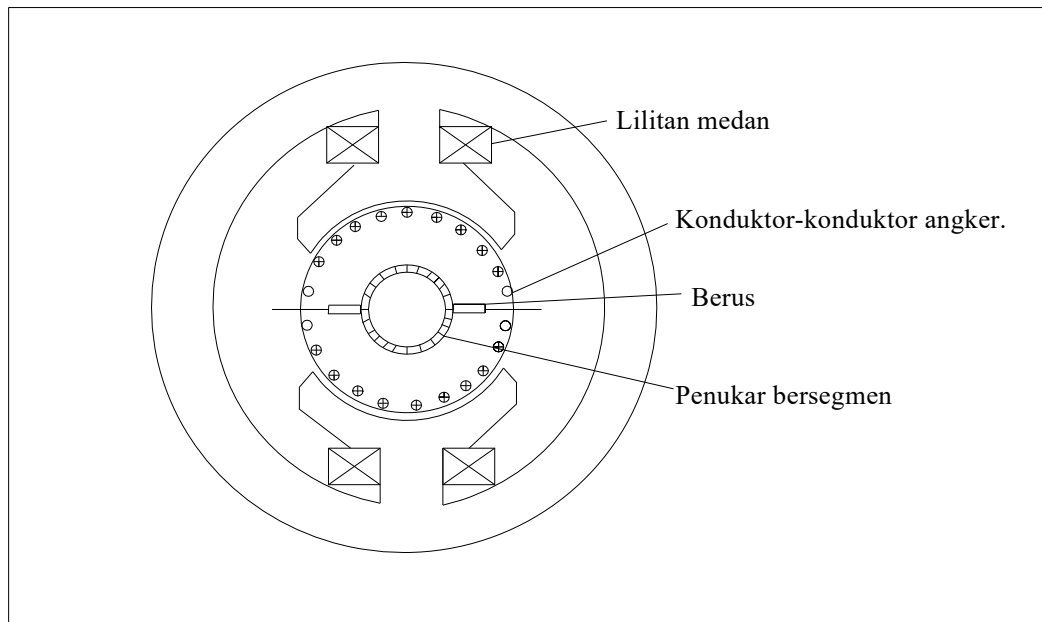


Rajah 2.1: Prinsip Motor A.T

Lilitan pada pemutar ini bebas berputar antara dua kutub. Arus elektrik dibekalkan kepada lilitan pemutar daripada pembekal arus terus melalui berus pada cincin penukar. Kemudian pemutar ini akan berputar jika wujud jejari medan magnet antara kutub utara dan kutub selatan. Putaran ini disebabkan oleh interaksi elektromagnet antara medan magnet lilitan pemutar dan medan magnet yang wujud pada kutub utara-selatan pemegun.

Bagi mengekalkan interaksi dan arah pusingan pemutar tersebut, maka arah arus mengalir dalam lilitan pemutar mestilah berbalik dua kali untuk setiap 'turn' pemutar. Perkara ini dapat dicapai dengan menyambung lilitan pemutar pada penukar bersegmen yang terletak pada aci pemutar. Dengan ini setiap putaran aci  $180^\circ$ , maka berus yang tetap itu akan bersambung secara bergilir dengan lilitan pemutar. Rajah 2.2 menunjukkan satu keratan rentas motor arus terus.



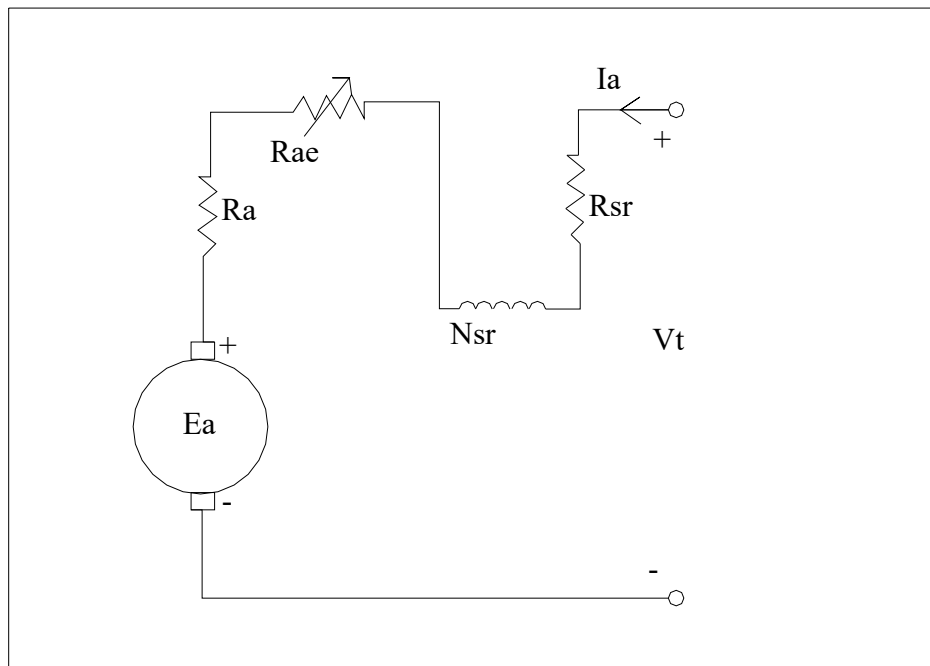


Rajah 2.2: Keratan rentas pada pemutar dan pemegun motor a.t.

Jika motor a.t terdiri daripada dua kutub maka ia merupakan motor yang kecil manakala motor yang besar mencapai 10 atau lebih kutub. Tetapi kelajuan motor a.t tidak bergantung kepada bilangan kutub tidak seperti motor arus ulang-alik yang bergantung kepada bilangan kutub. Apabila motor arus terus digunakan dalam kenderaan elektrik, motor berkutub yang terdapat belitan medan lebih baik digunakan berbanding dengan magnet kekal. Cara ini lebih senang dan murah untuk menghasilkan kekuatan medan yang tinggi sesuai dengan beberapa kilowatt. Satu lagi kelebihan dan kegunaan utama yang diperolehi daripada pemegun ialah lebih mudah motor beroperasi sebagai penjana semasa mod ‘membrek dan menjana semula’ dimana tenaga akan disuap balik kepada bateri apabila kenderaan tersebut menurun bukit dan memberhenti.

### 2.2.1 Ciri-Ciri Asas Motor A.T Siri.

Dalam kes motor a.t siri, lilitan medan bersambung dengan lilitan angker secara siri. Arus dikawal oleh perintang seperti dalam rajah 2.3. Perintang tersebut boleh mengawal halaju motor.



Rajah 2.3: Litar setara motor siri.

Persamaan asas motor siri ialah :

$$E_a = K_a \Phi \omega_m \quad [\text{V}] \quad (2.1)$$

$$T = K_a \Phi I_a \quad [\text{N}] \quad (2.2)$$

Di sini,  $E_a$  merujuk kepada voltan yang teraruh pada belitan angker disebabkan angker berputar dalam medan magnet yang dihasilkan kutub-kutub pemegun. Manakala fluks,  $\Phi$  dihasilkan oleh arus angker yang melalui belitan medan sesiri dan  $\omega_m$  merupakan halaju

mekanik motor dan  $K_a$  dikenali sebagai pemalar angker. Seterusnya T merujuk kepada tork yang terhasil oleh belitan angker.

Jika medan magnet secara linear, anggarkan:

$$K_a \Phi = K_a I_a \quad (2.3)$$

$$E_a = K_{sr} I_a \omega_m \quad [\text{V}] \quad (2.4)$$

$$T = K_{sr} I_a^2 \quad [\text{N}] \quad (2.5)$$

Di sini,

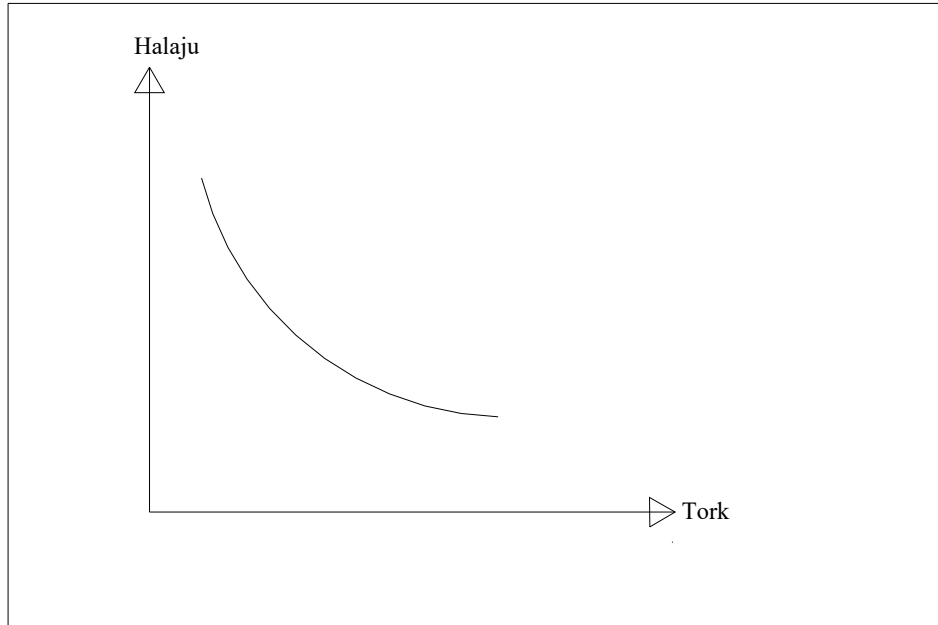
$K_{sr}$  = pemalar medan secara siri.

Berdasarkan litar setara dan persamaan di atas, maka hubungan halaju-tork boleh diterbitkan merujuk kepada persamaan berikut:

$$E_a = V_t - I_a(R_a + R_{ae} + R_{sr}) \quad [\text{V}] \quad (2.6)$$

$$\omega_m = \frac{V_t}{\sqrt{K_{sr}}} - \frac{R_a + R_{sr} + R_{ae}}{K_{sr}} \quad [\text{rad/s}] \quad (2.7)$$

Di sini, berdasarkan kepada hasil terbitan dan persamaan maka ciri halaju-tork seperti ditunjukkan oleh Rajah 2.4 diperolehi. Oleh itu, satu kelebihan utama untuk kegunaan kenderaan elektrik didapati iaitu pada halaju menghampiri sifar motor berupaya membekali tork yang tinggi. Jadi ciri ini sesuai pada *starting* kereta.



Rajah 2.4: Ciri halaju-tork motor arus terus siri.

Penyambungan secara sesiri ini membolehkan arus dikawal oleh perintang sesiri. Rintangan lilitan angker dan medan mencapai maksimum, menjadikan belitan medan iaitu pemutar dan berus dapat bertahan. Ketika halaju meningkat tork akan mengalami kejatuhan, manakala kuasa keluaran adalah kuasa motor. Halaju motor dengan mudahnya boleh dikawal dengan menambah perintang siri boleh ubah dan perintang ini juga dapat mengurangkan permintaan voltan dan hasilnya tetap sama.

### 2.2.2 Kepentingan E.M.F Berbalik.

Apabila angker motor berputar, konduktor-konduktor turut berputar dan memotong fluks. E.M.F yang teraruh secara berlawanan ini merujuk kepada e.m.f berbalik,  $E_a$ . Oleh itu kuasa pada  $E_a$  ialah  $E_a I_a$ . Kuasa yang dibekalkan daripada bateri adalah

mengatasi jarak masa pertukaran tenaga kimia kepada tenaga mekanik. Jadi voltan berbalik motor boleh menentukan kuasa bateri dan arus bateri yang diperlukan. Berdasarkan persamaan 2.5 maka arus angker menjadi,

$$I_a = \frac{\text{volan tetap}}{\text{rintangan litar angker}} \quad [\text{A}] \quad (2.8)$$

Di sini,

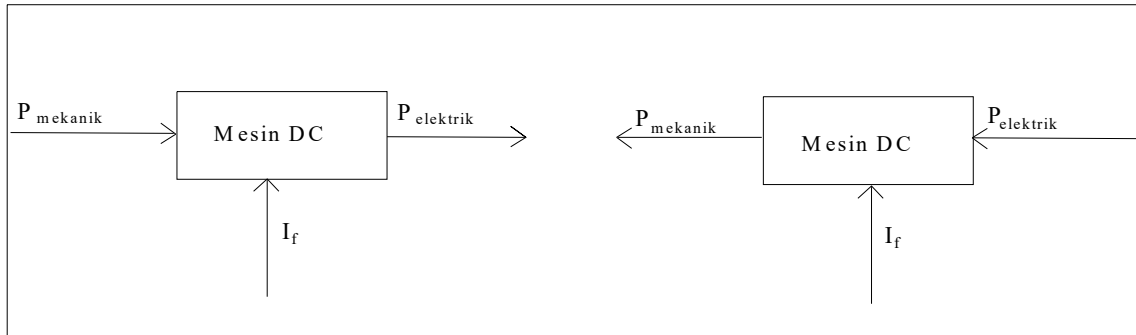
$$R_a + R_{sr} = \text{rintangan litar angker}, \Omega$$

Voltan berbalik bergantung kepada beberapa faktor antaranya ialah halaju angker. Jika halaju tinggi, maka  $E_b$  menjadi besar manakala arus angker,  $I_a$  daripada persamaan menjadi kecil. Apabila halaju rendah, nilai  $E_a$  menjadi kecil maka arus angker,  $I_a$  yang lalu menjadi besar menghasilkan lebih besar tork. Dari sini, dapat kita lihat  $E_a$  bertindak sebagai pengawal menjadikan motor mengatur sendiri dan menghasilkan lebih banyak arus seperti yang dikehendaki.

### 2.2.3 Keupayaan Bertindak Sebagai Penjana .

Mesin arus terus boleh beroperasi sebagai penjana dan motor seperti ditunjukkan oleh Rajah 2.5. Apabila ia beroperasi sebagai penjana, kuasa masukan kepada mesin ialah kuasa mekanik dan menghasilkan kuasa elektrik pada keluaran. Penggerak utama memutar angker mesin arus terus dan kuasa arus terus dijanakan di dalam mesin. Dalam kes kenderaan elektrik ini, penggerak tersebut boleh jadi motor elektrik iaitu dengan memasang *plugging* pada motor. Mesin beroperasi sebagai motor apabila masukan kepada mesin adalah kuasa elektrik dan keluaran ialah kuasa mekanik. Apabila

angker di sambung kepada pembekal voltan arus terus, motor akan menghasilkan tork mekanik dan kuasa mekanik.

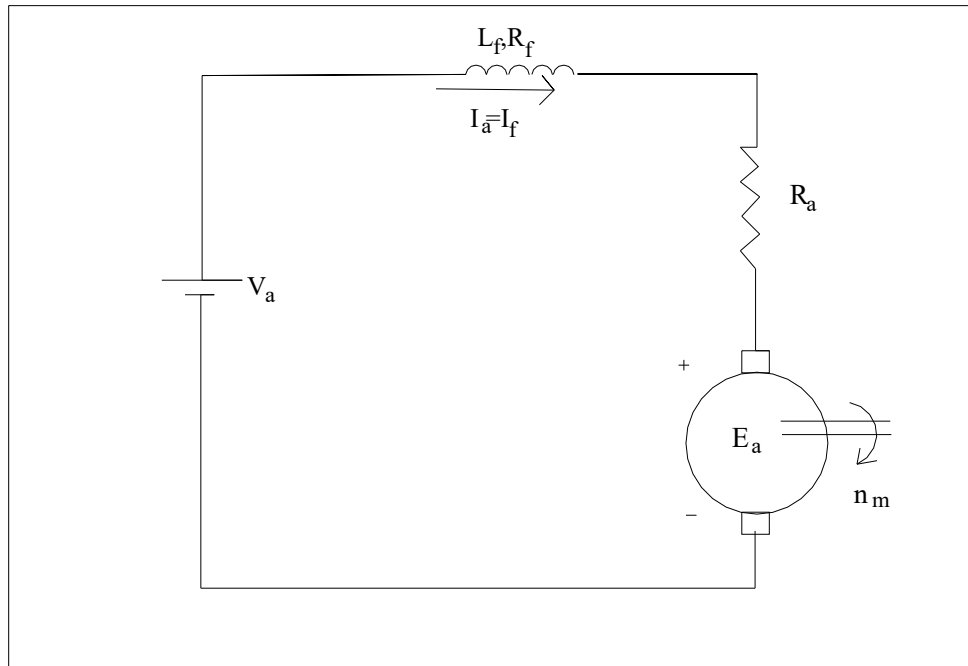


Rajah 2.5: Proses pembalikan mesin dc menjadi penjana dan motor.

Seterusnya gambarajah-gambarajah berikut cuba menerangkan litar yang menunjukkan mod-mod operasi motor pada kenderaan elektrik. Berdasarkan aplikasi-aplikasi halaju yang pelbagai, motor a.t boleh beroperasi dalam beberapa mod iaitu, permotoran (*motoring*), membrek dan menjana semula (*regenerative braking*), dan *plugging*.

a) Permotoran

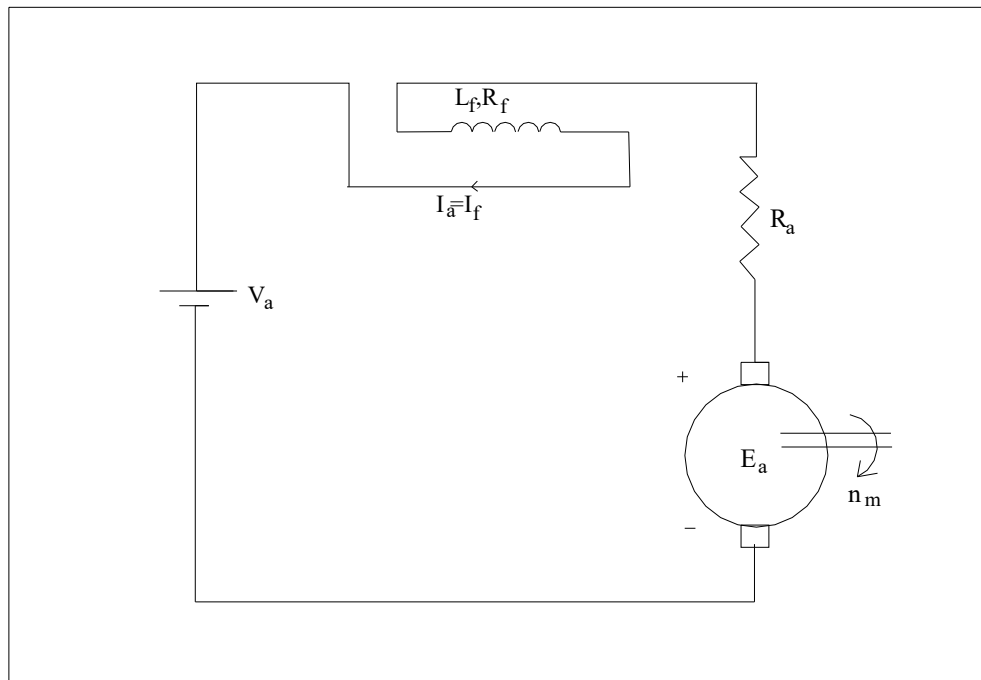
Rajah 2.6 menunjukkan penyusunan litar untuk melakukan mod *motoring*. E.M.F berbalik,  $E_a$  adalah kurang daripada bekalan voltan. Kedua-dua arus angker dan medan menjadi positif. Motor membekali tork mengikut kepada permintaan beban.



Rajah 2.6 : Permotoran pada motor a.t siri.

b) Membrek dan menjana semula

Operasi membrek dan menjana semula seperti Rajah 2.7, motor bertindak sebagai penjana dan menghasilkan voltan teraruh,  $E_a$ .  $E_a$  mestilah lebih besar daripada voltan pembekal. Arus anker menjadi negatif tetapi arus medan ialah positif. Tenaga kinetik yang dihasilkan oleh motor yang disebabkan oleh kerana kereta berhenti atau membrek maka tenaga tersebut dikembalikan kepada voltan pembekal. Motor sesiri selalu disambung sebagai penjana *self-excited*.



Rajah 2.7 : Membrek dan menjana semula pada motor a.t siri.

c) *Plugging*

*Plugging* ialah satu jenis *braking*. Penyambungan *plugging* kepada motor seperti Rajah 2.8. Apabila motor mula berfungsi, terminal angker akan berbalik. Voltan pembekal,  $V_a$  dan voltan berbalik,  $E_a$  bertindak pada arah yang sama. Arah arus angker di tukarkan dan menghasilkan tork untuk membrek. Arus medan,  $I_f$  menjadi positif. Bagi motor siri, salah satu terminal angker dan terminal medan mestilah diterbalikkan.