

Tillståndsmaskin (Tillståndsdigram)

insignal = övergångsvillkor, tillstånd, utsignal

Switch Case

Hållbar utveckling

Framdrivning av elbilar och hybridbilar

Seriehybrid kontra parallellhybrid

Regenerativ bromsning

Energilagring i batterier och kondensatorer

Specifik energi

Specifik effekt

Batterier

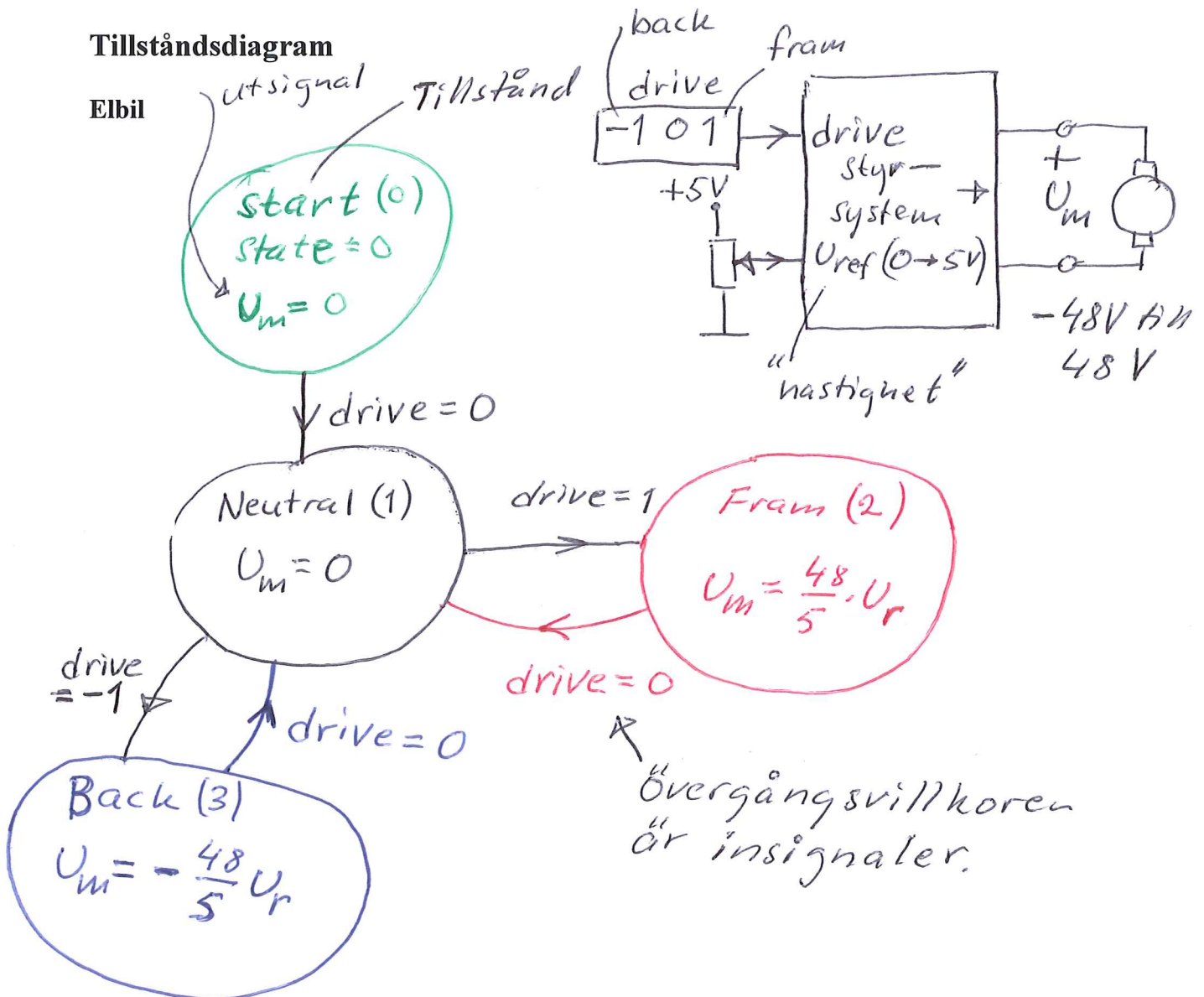
Effektanpassning (50% verkningsgrad, tummen ner?)

Supercap, ultracap

Uppgift från tenta MF1016 120128

Tillståndsdigram

Elbil



```
switch(state)
{
  case 0:
    Um=0;
    if (drive==0)
    {
      state=1;
    }
    break;

  case 1:
    Um=0;
    if (drive==1)
    {
      state=2;
    }
    if (drive==-1)
    {
      state=3;
    }
    break;

  case 2:
    Um=Uref*48/5;
    if (drive==0)
    {
      state=1;
    }
    break;

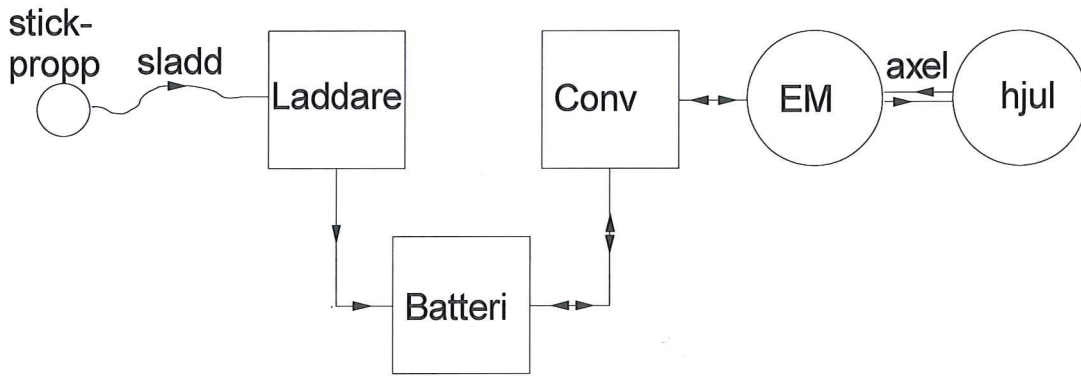
  case 3:
    Um=-Uref*48/5;
    if (drive==0)
    {
      state=1;
    }
    break;
}
```

state *drive* *state* *start*

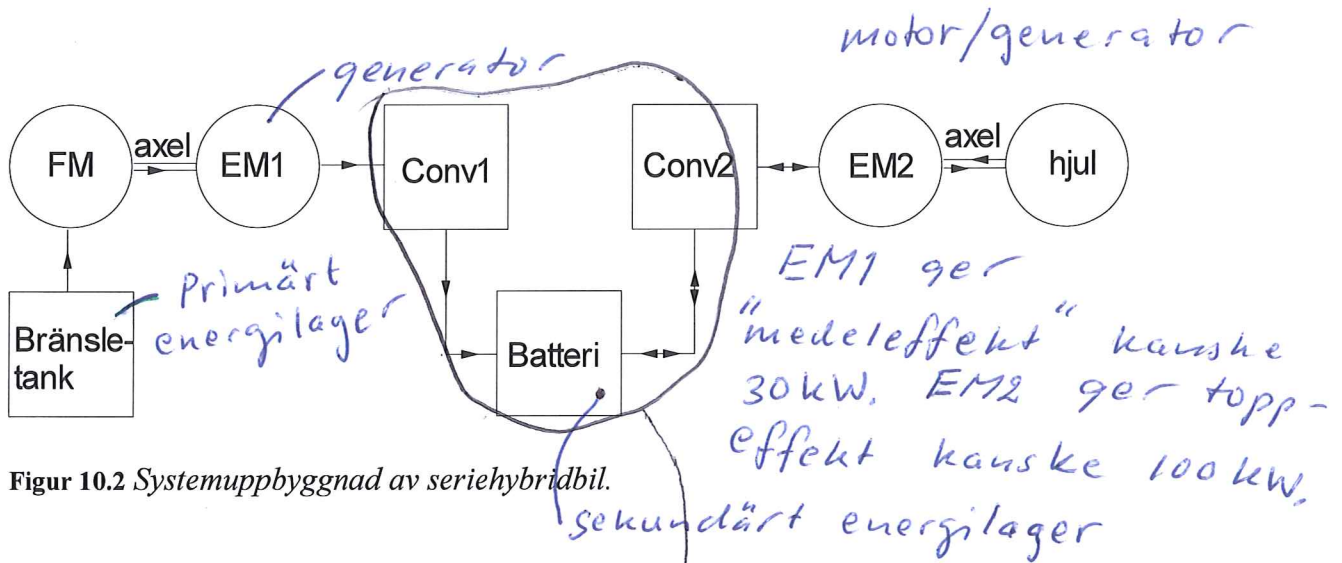
Uref *Um* *Neutral*

Fran

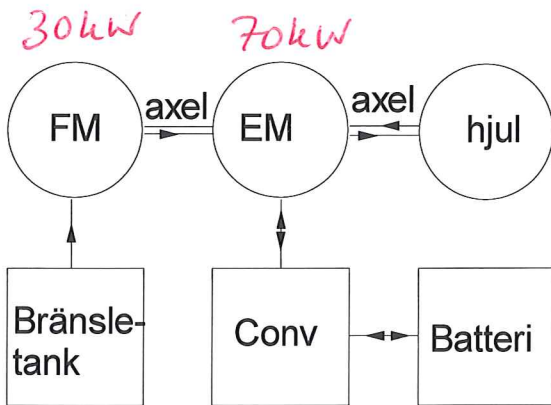
Back



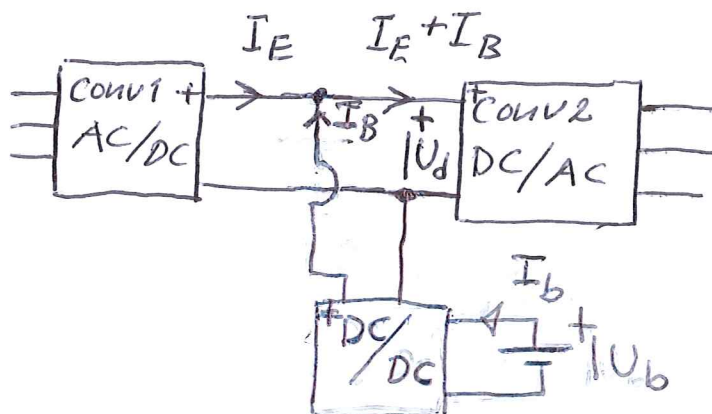
Figur 10.1 Systemuppbyggnad för en ren elbil



Figur 10.2 Systemuppbyggnad av seriehybridbil.



Figur 10.3 Systemuppbyggnad av en primitiv parallellhybridbil.



Effekt till conv2

$$P_{c2} = U_d (I_E + I_B)$$

Hybrid drift

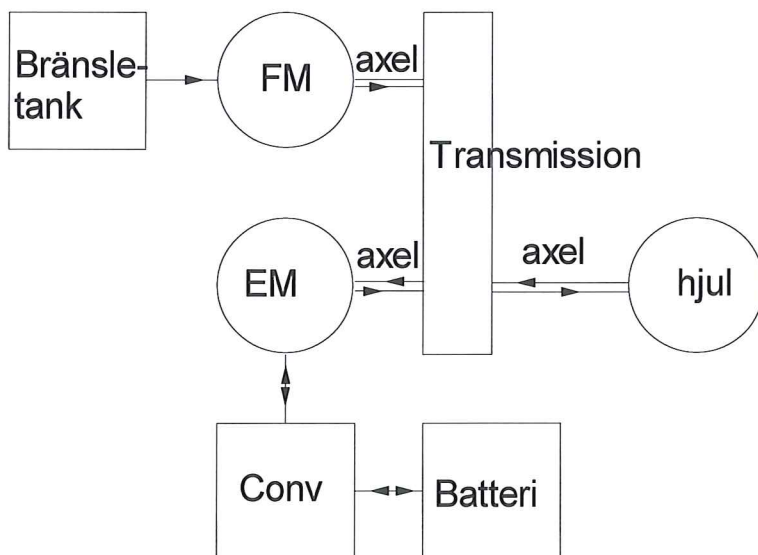
$$I_E, I_B > 0$$

Eldrift (motor)

$$I_E = 0 \quad I_B > 0$$

Eldrift (generator)

$$I_B < 0$$



Figur 10.4 Systemuppbyggnad av en parallellhybridbil.

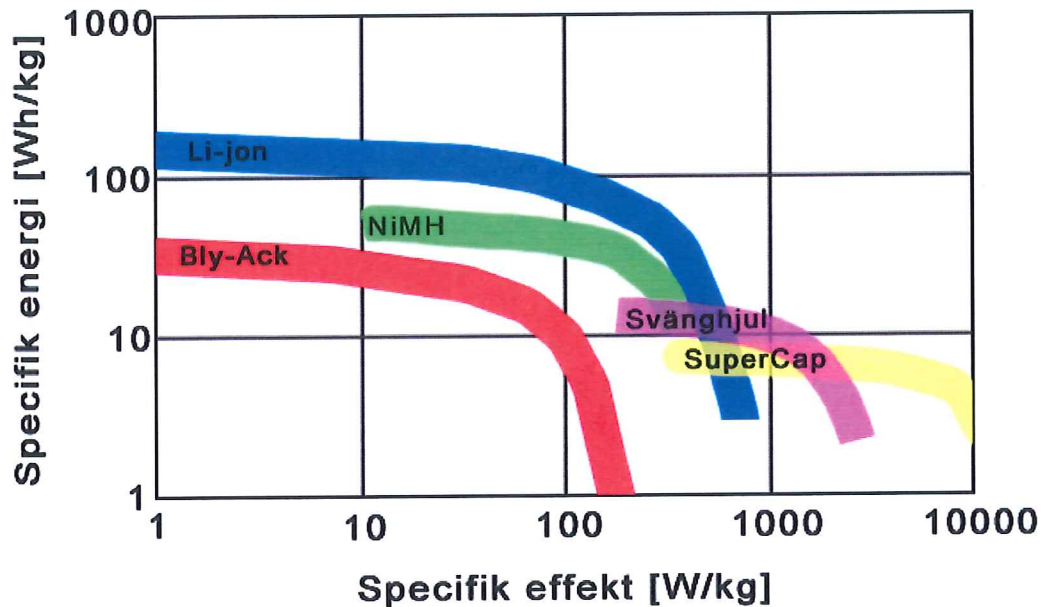
Energilagrande komponenter

Ett försök till sammanställning av egenskaper för komponenter som kan lagra energi.

- Kemisk (väte, biobränsle)
- Elektrokemisk (batterier, bränsleceller)
- Elektrisk (kondensatorer, supercaps, ”spole”)
- Mekanisk (svänghjul, fjädrar, komprimerad luft, potentiell energi/gravitation)

Lagrings typ		Teoretisk lagrad energi	
Elektrokemisk	Batteri	$W = E_{cell}Q = E_{cell}C_S m$	E_{cell} = cellspänning, C_S = laddningstäthet [As/kg], m = massa
Elektrisk	Kondensator	$W = \frac{1}{2}CU^2$	C = kapacitans, U = spänning över kondensator
	Spole	$W = \frac{1}{2}LI^2$	L = induktans, I = ström genom induktans
Mekanisk	Svänghjul	$W = \frac{1}{2}J\omega^2$	m = massa, ω = vinkelhastighet
	Linjär fjäder	$W = \frac{1}{2}ky^2$	k = fjäderkonstant, y = utböjning
	Komprimerad luft (isoterm)	$W_{AB} = nRT \ln \frac{P_A}{P_B}$	n = mol, R = ideal gas konstant, T = temperatur, P = tryck

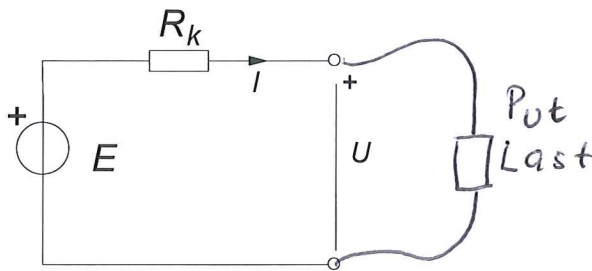
Förmågan att lagra energi kan mätas med storheten specifik energi [Wh/kg] (ofta används enheten kWh som för storheten energi, men den härledda SI-enheten är J). En annan viktig storhet är specifik effekt [W/kg] som är ett mått på hur fort energin kan tas ut eller lagras. Om man vill vara ännu mer noga finns det ett samband mellan specifik energi och specifik effekt. Vid hög effekt kan inte lika mycket energi omsättas som vid låg effekt. Sambandet kan åskådliggöras i en så kallad Ragone plot som nedan.



Figur 10.5 Ragone plot av vanliga lagringsformer ref [2].

En jämförelse är bensin eller diesel som innehåller ca 12000 Wh/kg som är ca 60 ggr mer än ett Li-jon batteri.

Batterier



Figur 10.6 En Batterimodell bestående av ideal spänningskälla och inre resistans.

Från energilager:

$$P_E = E \cdot I$$

Från batteri till last:

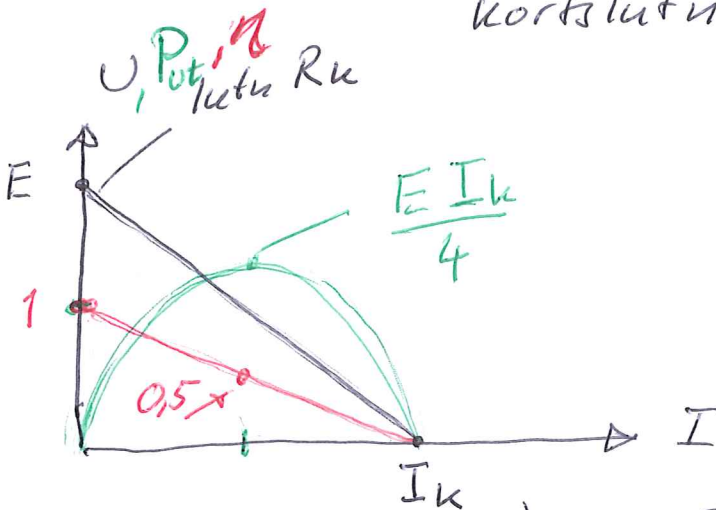
$$P_{ut} = U \cdot I$$

Effektanpassning:

U-lag: $U = E - R_k I$

Tomgång: $I = 0 \Rightarrow U = E$

Kortslutning: $U = 0 \Rightarrow I = I_k = E/R_k$



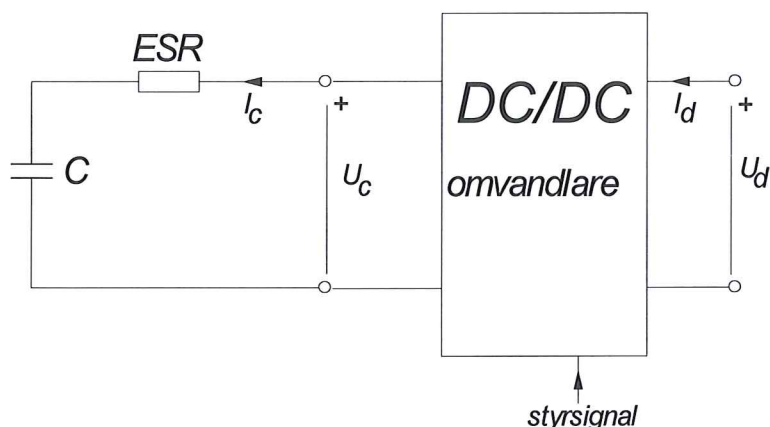
$$P_{ut} = U \cdot I = (E - R_k I) \cdot I = EI - R_k I^2 \quad \text{sök max pkt av parabel}$$

$$\frac{dP_{ut}}{dt} = 0 \Rightarrow E - 2R_k I = 0 \Rightarrow I = \frac{E}{2R_k} = I_k/2$$

$$\text{Då är } U = E - R_k \frac{I_k}{2} = E/2 \Rightarrow P_{utmax} = \frac{E}{2} \cdot \frac{I_k}{2} = \frac{EI_k}{4}$$

Problemet är verkningsgraden

$$\eta = \frac{P_{ut}}{P_E} = \frac{U \cdot I}{E \cdot I} \Rightarrow \eta\left(\frac{I_k}{2}\right) = \frac{E/2}{E} = 0,5$$



Figur 10.10 DC/DC omvandlare kopplar ihop en kondensator, där spänningen U_c varierar, med ett likströmsnät, där systemspänningen U_d är konstant

<http://afrotechmods.com/videos/ultracapacitors.htm>

Tentamen MF1016 120128: Vid inbromsning av en hybridbil skall rörelseenergin tas tillvara och lagras i en kondensator (ultracap). Bilens vikt är 2000 kg. Den valda kondensatorn har bland annat följande data:

Kapacitans 63 F.

Rated voltage (märkspänning): 125 V.

Maximum continuous current (märkström vid gällande kylförhållanden): 240 A.

Vikt 60 kg.

Bilen har ett likströmsnät med spänningen $U_d = 125$ V. Till detta är bland annat en växeriktare med elmotor ansluten samt en kondensator som matas via en DC/DC omvandlare som i figuren nedan (se ovan istället).

Antag att bromseffekt förlustfritt kan överföras till kondensatorn.

Kondensatorspänningen skall vara 50% av märkspänningen då bromsförloppet påbörjas och när märkspänningen uppnås skall lagringen av energi i kondensatorn avbrytas.

- a) Beräkna den tid det tar att ladda kondensatorn med konstant ström lika med märkström från 50% till 100% av märkspänning.

$$q = C \cdot U \quad \Rightarrow \quad \Delta q = C \cdot \Delta U$$

$$I_N \cdot T = C \left(U_N - \frac{1}{2} U_N \right)$$

$$\Rightarrow T = \frac{C U_N}{2 I_N} = \frac{63 \cdot 125}{2 \cdot 240} = \underline{\underline{16,48}}$$

b) Beräkna effekten till kondensatorn i början och i slutet av laddförloppet vid laddning enligt a)

$$P = U \cdot i \quad \text{i början} \quad P_b = \frac{1}{2} \underbrace{U_N}_{125} \cdot \underbrace{I_N}_{240} = 15 \text{ kW}$$

$$\text{i slutet} \quad P_s = U_N \cdot I_N = 30 \text{ kW}$$

c) Beräkna den energimängd som lagras i kondensatorn under laddning enligt a).

$$W = \frac{1}{2} C U^2 \quad \text{Före laddning: } W_f = \frac{1}{2} C \left(\frac{U_N}{2} \right)^2$$

$$\text{Efter laddning: } W_e = \frac{1}{2} C U_N^2$$

$$\text{Tillförd energi: } \Delta W = W_e - W_f = \frac{3}{8} C U_N^2 = 369 \text{ kJ}$$

(kan även ta medelvärd av P_b P_s $\times T$)

d) Antag att kondensatorns lagrade energi förlustfritt kan överföras till att accelerera bilen. Beräkna bilens hastighet då kondensatorn laddats ur från märkspänning till halv märkspänning.

369 kJ kan i bästa fall överföras

$$\text{All rörelseenergi} \quad 369000 \text{ J} = \frac{1}{2} 2000 \cdot v^2$$

$$\Rightarrow v \approx 19 \text{ m/s} = 70 \text{ km/h}$$