













































Steuerung( $n_{\max}$ ,  $P_{nEA\_m}$ ,  $\eta_{\text{MotGe}}$









n,η,Mot,n.EArel,U.nEA,U.nED,U.nGenS,eff.BB,P.antr\_m,W.frei,W.erf,t,P.nGenS\_e,W.ED,C.ED,ESR,I,l,W.start,f.Soc,1







```

f.SocZH,a.ZH,GenSBer) := | W.Sp0 ← 50%·W.ED
| f.ICE0 ← 80.%
| f.ICE ← f.ICE0
| f.ICEold ← 0.%
| t.lauf ← 0s
| ICE.an ← false
| W.Spold ← W.Sp0
| (ΣW.elAntr ΣW.elRekup ΣW.Start ΣW.Leckstr ΣW.ohmscheVerl ΣW.elGen ΣW.elRekup)
| Σn.Start ← 0
| for nn ∈ 0..n.max - 2
|   Δt ← (t.nn+1 - t.nn)
|   SOC.hi0 ← 80%
|   SOC.lo0 ← 20%
|   U.EDLC_nn ← √(W.Sp_nn · 2 / C_ED) if W.Sp_nn > TOL·J
|   U.EDLC_nn ← 48V otherwise
|   W.Leckstr ← I_l · U.EDLC_nn · Δt
|   U.EA ← n.EArel_nn · U.nEA
|   ICE.an0 ← ICE.an
|   ( U.GenS )
|   ( η.GenS_BB ) ← GenSBer( U.EDLC_nn / U.nED , f.ICE )
|   ΔV.GenS ← |U.EDLC_nn - U.GenS|
|   P.GenS_BB ← f.ICE · P.nGenS_e · 0.9
|   format("Da P.rekup und P.anteilBB nicht bekannt: SOC Berechnung hier aber wichtig!")
|   P.Rekup_e ← wenn( P.antr_m_nn < 0W , P.antr_m_nn · 0.8 , 0W )
|   P.antr_eIBB ← wenn( P.antr_m_nn > 0W , P.antr_m_nn / 0.8 , 0W )
|   ΣP_ED ← max( ( P.GenS_BB + |P.Rekup_e| |P.antr_eIBB - P.GenS_BB| ) )
|   t.lauf ← t.lauf + Δt · f.ICE
|   format("Korrektur abh. von Spannungsdiff, Summe Ströme, SOC, Laufzeit, bezogen auf Nennwert")
|   ΔSOC_nn ← [ 0.2 · ΔV.GenS / (U.nED · 0.5) + 0.9 · ΣP_ED / (P.nGenS_e + P.nEA_m) · 0.5 + 0.1 · W.Sp_nn / (0.8 · W.ED) + t.lauf / (300 · s/5) ] · 0.1
|   SOC.hi_nn ← SOC.hi0 - ΔSOC_nn · f.Soc
|   format("wenn weit weg vom Zwangshalt keine Speicher Reserve (abh. von Geschw.) benötigt")
|   //
|   //
|   //

```

$$\text{SOC}_{hi_{nn}} \leftarrow \min \left( \left( 1 - \frac{1m}{1 \cdot m + a \cdot ZH_{nn}} \cdot \frac{W_{frei_{nn}}}{W_{ED}} \cdot f_{SocZH} \text{SOC}_{hi_{nn}} \right) \right)$$

$$\text{SOC}_{lo_{nn}} \leftarrow \text{SOC}_{lo0} + \Delta \text{SOC}_{nn} \cdot f_{Soc}$$

format("wenn näher am Zwangshalt, mehr Reserve")

$$\text{SOC}_{lo_{nn}} \leftarrow \max \left( \left( \frac{1m}{1 \cdot m + a \cdot ZH_{nn}} \cdot \frac{W_{erf_{nn}}}{W_{ED}} \cdot f_{SocZH} \text{SOC}_{lo_{nn}} \right) \right)$$

format("Wenn Einschaltgrenze erreicht Genset ein, sonst wenn Ausschaltgrenze erreicht aus, auß

$$\text{ICE}_{an} \leftarrow \text{wenn} \left( W_{Sp_{nn}} < \text{SOC}_{lo_{nn}} W_{ED}, \text{true}, \text{wenn} \left( W_{Sp_{nn}} < \text{SOC}_{lo_{nn}} W_{ED}, \text{wenn} \left( \text{ICE} \right) \right) \right)$$

format("Unverständliche Bedingung, Hier nur überschlägige Berechnungen- auch egal ob Reкуп

$$\text{ICE}_{an} \leftarrow \text{false} \text{ if } \left( W_{Sp_{nn}} - P_{antr_{m_{nn}}} \cdot \eta_{MotGen_{nn}} \Delta t - W_{Leckstr} \right) > W_{ED}$$

format("erwartete Leistung (Maximum)")

$$P_{antr_{m_{exp}}} \leftarrow \text{wenn} \left( nn > 1, \frac{1}{3} \cdot \sum_{u=nn-2}^{nn} P_{antr_{m_u}}, P_{antr_{m_{nn}}} \right)$$

format("Wirkungsgrad Genset mit aktueller Leistung, zurückfahren wenn genug Reserve, max ist

$$f_{ICE} \leftarrow f_{ICE0} \text{ if } W_{Sp_{nn}} > 10 \cdot \left[ \frac{\max \left( \left( P_{antr_{m_{nn}}} \right), \left( P_{antr_{m_{exp}}} \right) \right)}{\eta_{Mot_{nn}}} \cdot \Delta t + W_{Leckstr} \right] \wedge f_{ICE} > 0.8$$

format("Not-Überlast, max redundant")

$$\text{if } W_{Sp_{nn}} < 5 \cdot \left[ \max \left( \left( P_{antr_{m_{nn}}} \right), \left( P_{antr_{m_{exp}}} \right) \right) \cdot \Delta t + W_{Leckstr} \right]$$

$$\left| \text{ICE}_{an} \leftarrow \text{true} \right.$$

$$\left| f_{ICE} \leftarrow 1 \right.$$

otherwise

$$\left| f_{ICE} \leftarrow f_{ICE0} \right.$$

format("wenn Steigerung mehr als 20% verhindern")

$$\left| f_{ICE} \leftarrow \min \left( \left( \frac{f_{ICE}}{f_{ICEold} + 20\%} \right) \right) \text{ if } \left( f_{ICE} > f_{ICEold} \cdot 1.2 \wedge W_{Sp_{nn}} > \text{SOC}_{lo_{nn}} W_{ED} \right)$$

$$P_{GenS_{e_{nn}}} \leftarrow \text{wenn} \left( \text{ICE}_{an} = \text{true}, P_{nGenS_{e}} \cdot f_{ICE}, 0 \cdot W \right)$$

format("alle Spannungen werden auf den Höchstwert bezogen f(Vinrel, Voutrel, Prel)")

$$\eta_{genBB} \leftarrow \max \left( \left( \text{eff}_{BB} \left( \frac{U_{GenS}}{U_{nED}}, \frac{U_{EDLC_{nn}}}{U_{nED}}, \frac{P_{GenS_{e_{nn}}}}{P_{nGenS_{e}}} \right), 0.85 \right) \right)$$

format("Hier berücksichtigt was ankommt im EDLC, Postprocessing rechnet von Nennleistung G

$$P_{GenS_{eBB}} \leftarrow P_{GenS_{e_{nn}}} \cdot \eta_{genBB}$$

if  $P_{antr_{m_{nn}}} < -\text{TOL} \cdot W$

format("Reкупeration: Leistung negativ - Maschine max. 20% überlastbar")

$$\left| P_{Reкуп_m} \leftarrow \min \left( \left( \frac{-P_{antr_{m_{nn}}}}{P_{nED}} \right) \right) \right.$$

(('.nEA\_m''))

$$P_{\text{Rekup}_e} \leftarrow P_{\text{Rekup}_m} \cdot \eta_{\text{MotGen}_{nn}}$$

$$\eta_{\text{BB\_MG}} \leftarrow \max \left( \left( 0.85 \cdot \text{eff}_{\text{BB}} \left( \frac{U_{\text{EA}}}{U_{\text{nEDLC}}}, \frac{U_{\text{EDLC}_{nn}}}{U_{\text{nED}}}, \frac{|P_{\text{antr}_{m_{nn}}}|}{P_{\text{nEA}_m}} \right) \right) \right)$$

$$P_{\text{RekupBB}_e} \leftarrow P_{\text{Rekup}_e} \cdot \eta_{\text{BB\_MG}}$$

$$I_{\text{EDLC}} \leftarrow \frac{P_{\text{RekupBB}_e} + P_{\text{GenS}_e\text{BB}}}{U_{\text{EDLC}_{nn}}} \quad \text{if } U_{\text{EDLC}_{nn}} > \text{TOL} \cdot V$$

$$I_{\text{EDLC}} \leftarrow 0 \cdot A \quad \text{otherwise}$$

$$W_{\text{ohmscheVerl}} \leftarrow \text{ESR} \cdot I_{\text{EDLC}}^2 \cdot \Delta t$$

$$\Delta W \leftarrow (P_{\text{GenS}_e\text{BB}} + P_{\text{RekupBB}_e}) \cdot \Delta t - W_{\text{ohmscheVerl}} - W_{\text{Leckstr}}$$

$$W_{\text{gap}_{nn}} \leftarrow 0 \cdot J$$

format("Ist es möglich die Energie einzuspeichern?")

$$\text{if } (W_{\text{Sp}_{nn}} + \Delta W) < W_{\text{ED}}$$

$$W_{\text{Sp}_{nn+1}} \leftarrow W_{\text{Sp}_{nn}} + \Delta W$$

$$W_{\text{waste}_{nn}} \leftarrow 0 \cdot J$$

$$\Sigma W_{\text{elRekupMG}} \leftarrow \Sigma W_{\text{elRekupMG}} + P_{\text{Rekup}_e} \cdot \Delta t$$

$$\Sigma W_{\text{elRekup}} \leftarrow \Sigma W_{\text{elRekup}} + P_{\text{RekupBB}_e} \cdot \Delta t$$

otherwise

format("Energie nicht rekuperiert: keine Summenbildung!")

$$W_{\text{Sp}_{nn+1}} \leftarrow W_{\text{ED}}$$

$$W_{\text{waste}_{nn}} \leftarrow W_{\text{Sp}_{nn}} + \Delta W - W_{\text{ED}}$$

otherwise

format("Traktionsbetrieb: von EDLC gespeist")

$$\eta_{\text{BB\_Motor}} \leftarrow \max \left( \left( 0.85 \cdot \text{eff}_{\text{BB}} \left( \frac{U_{\text{EDLC}_{nn}}}{U_{\text{nED}}}, \frac{U_{\text{EA}}}{U_{\text{nED}}}, \frac{|P_{\text{antr}_{m_{nn}}}|}{P_{\text{nEA}_m}} \right) \right) \right)$$

$$P_{\text{antr}_{e\text{BB}}} \leftarrow \frac{P_{\text{antr}_{m_{nn}}}}{\eta_{\text{Mot}_{nn}} \cdot \eta_{\text{BB\_Motor}}}$$

$$I_{\text{EDLC}} \leftarrow \frac{P_{\text{antr}_{e\text{BB}}} - P_{\text{GenS}_e\text{BB}}}{U_{\text{EDLC}_{nn}}} \quad \text{if } U_{\text{EDLC}_{nn}} > \text{TOL} \cdot V$$

$$I_{\text{EDLC}} \leftarrow 0 \cdot A \quad \text{otherwise}$$

$$W_{\text{ohmscheVerl}} \leftarrow \text{ESR} \cdot I_{\text{EDLC}}^2 \cdot \Delta t$$

$$\Delta W \leftarrow (P_{\text{antr}_{e\text{BB}}} - P_{\text{GenS}_e\text{BB}}) \cdot \Delta t + W_{\text{ohmscheVerl}} + W_{\text{Leckstr}}$$

$$W_{\text{Sp}_{nn+1}} \leftarrow W_{\text{Sp}_{nn}} - \Delta W$$

$$W_{\text{waste}_{nn}} \leftarrow 0 \cdot J$$

$$W_{\text{gap}_{nn}} \leftarrow \Delta W - W_{\text{Sp}_{nn}} \quad \text{if } W_{\text{Sp}_{nn}} < \Delta W$$

```

| W.gapnn ← 0·J otherwise
| ΣW.elAntr ← ΣW.elAntr + P.antr_elBB·Δt
format("Summen und Korrekturen")
ΣW.elGen ← ΣW.elGen + P.GenS_eBB·Δt
ΣW.ohmscheVerl ← ΣW.ohmscheVerl + W.ohmscheVerl
ΣW.Leckstr ← ΣW.Leckstr + W.Leckstr
format("es fehlt BB Verl Antrieb bzw. Rekup")
W.lossnn ← W.ohmscheVerl + W.Leckstr + (-P.GenS_eBB + P.GenS_enn)·Δt
format("Wenn GenSet anspringt")
if (ICE.an = true ∧ ICE.an0 = false)
| ΣW.Start ← ΣW.Start + W.start
| Σn.Start ← Σn.Start + 1
| W.lossnn ← W.lossnn + W.start
| W.Spnn+1 ← W.Spnn+1 - W.start
| t.lauf ← 0·s
W.Spold ← W.Spnn
f.ICEold ← f.ICE
f.ICE ← wenn(ICE.an = false, f.ICE0, f.ICE)
return (
    W.Sp
    P.GenS_e·s
    W.gap
    W.waste
    W.loss
     $\frac{U_{EDLC}}{V} \cdot J$ 
    ΣW.elRekupMG
    ΣW.elAntr
    ΣW.Leckstr
    ΣW.ohmscheVerl
    ΣW.Start
    Σn.Start·J
    ΣW.elGen
    ΣW.elRekup
)

```



$\mathbf{1G} \leftarrow (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0) \cdot \mathbf{J}$

te ")  
] ·0.1  
]

er Genset ist aus")

```
    (an = true, true, false), false))
```

im Vergleich")

redundant")

enSet weiter")



