

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901817103A1

Publication Date

20110909

Applicant

FERRARI S.P.A.

Title

METODO DI CONTROLLO CON DITHERING DELLA POSIZIONE DI UNA
ELETTROVALVOLA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO DI CONTROLLO CON DITHERING DELLA POSIZIONE DI UNA ELETTROVALVOLA"

di FERRARI S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: VIA EMILIA EST 1163

MODENA (MO)

Inventori: TARANTINI Alfonso, IMPERIOLI Bruno, POGGIO Luca

*** **

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad un metodo di controllo con dithering della posizione di una elettrovalvola.

La presente invenzione trova vantaggiosa applicazione al controllo di una elettrovalvola di un circuito idraulico di azionamento di una trasmissione manuale automatica cui la trattazione che segue farà esplicito riferimento senza per questo perdere di generalità.

ARTE ANTERIORE

Trovano sempre maggiore diffusione le trasmissioni manuali automatiche (denominate comunemente "AMT"), le quali sono strutturalmente simili ad un cambio manuale di tipo tradizionale ad eccezione del fatto che il pedale della frizione e la leva di selezione delle marce azionabili dall'utente vengono sostituiti da corrispondenti

servocomandi idraulici controllati da elettrovalvole.

Una trasmissione manuale automatica è provvista di una centralina di controllo della trasmissione che durante un cambio di marcia pilota i servocomandi idraulici associati a frizione e cambio per disinnestare la marcia corrente ed innestare la marcia successiva. Secondo una architettura ormai consolidata, la centralina di controllo della trasmissione comprende un microcontrollore principale che dialogando con i sensori e con le altre componenti del veicolo (essenzialmente con una centralina di controllo del motore) stabilisce un obiettivo di posizione per ciascun servocomando idraulico e quindi traduce tale obiettivo di posizione in un obiettivo di corrente per la corrispondente elettrovalvola. Per sgravare il microcontrollore principale dal compito intensivo di realizzare direttamente il controllo di corrente delle elettrovalvole, il microcontrollore principale non realizza direttamente il controllo di corrente di ciascuna elettrovalvola ma comunica l'obiettivo di corrente ad un corrispondente microcontrollore di supporto che provvede a realizzare in autonomia il controllo di corrente dell'elettrovalvola per inseguire l'obiettivo di corrente ricevuto dal microcontrollore principale.

Tipicamente, il microcontrollore principale utilizza il controllo di corrente con dithering, cioè il

microcontrollore principale sovrappone all'obiettivo di corrente determinato in funzione dell'obiettivo di posizione una onda quadra di dithering, la quale presenta un valore medio nullo e presenta una frequenza di oscillazione elevata; il periodo dell'onda quadra di dithering è troppo piccolo per perturbare il sistema idraulico pilotato dall'elettrovalvola ma consente di inibire il manifestarsi di fenomeni di attrito statico all'interno della elettrovalvola. In altre parole, l'elettrovalvola viene mantenuta "in fibrillazione" con piccole oscillazioni veloci e di piccola entità attorno all'obiettivo di posizione per evitare che le parti mobili della elettrovalvola possano "incollarsi" aumentando l'attrito statico di primo distacco.

Ciascun microcontrollore di supporto prevede un ingresso digitale che è collegato al microcontrollore principale per ricevere dal microcontrollore principale stesso l'obiettivo di corrente da inseguire. L'obiettivo di corrente da inseguire (cioè il valore desiderato di corrente istante per istante) viene fornito dal microcontrollore principale come frazione del valore massimo e presenta una risoluzione imposta dal numero di Bit dell'ingresso digitale; ad esempio un ingresso digitale a 8 Bit permette una risoluzione pari a $1/256$, un ingresso digitale a 9 Bit permette una risoluzione pari a $1/512$, ed

un ingresso digitale a 10 Bit permette una risoluzione pari a 1/1024.

Particolarmente il controllo della elettrovalvola che pilota la frizione richiede una precisione elevata, in quanto il servocomando idraulico della frizione deve da un lato potere sviluppare una spinta molto elevata per potere trasmettere attraverso la frizione una coppia elevata (soprattutto nel caso di una frizione in bagno d'olio), e dall'altro lato deve essere in grado di compiere con accuratezza piccoli spostamenti esercitando una spinta contenuta quando i dischi della frizione iniziando ad interagire tra loro (cioè nei primi istanti di chiusura della frizione).

Può accadere che la risoluzione dell'ingresso digitale dei microcontrollori di supporto sia insufficiente rispetto alla precisione che si vuole raggiungere nel controllo in corrente delle elettrovalvole, cioè che si desideri avere un controllo in corrente delle elettrovalvole più preciso di quanto permesso dalla risoluzione dell'ingresso digitale dei microcontrollori di supporto. Attualmente, a tale situazione viene posto rimedio unicamente sostituendo i microcontrollori di supporto esistenti con microcontrollori di supporto più performanti; tuttavia, tale sostituzione è relativamente poco costosa quando si può intervenire nella fase di progettazione della centralina di controllo della

trasmissione, ma è estremamente onerosa (particolarmente in presenza di piccoli volumi) quando si deve modificare una centralina di controllo della trasmissione già in commercio.

DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire un metodo di controllo con dithering della posizione di una elettrovalvola, il quale metodo di controllo sia privo degli inconvenienti sopra descritti e sia nel contempo di facile ed economica implementazione.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo di controllo con dithering della posizione di una elettrovalvola secondo quanto rivendicato dalle rivendicazioni allegate.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista schematica ed in pianta di un veicolo a trazione posteriore provvisto di una trasmissione manuale automatica;
- la figura 2 è una vista schematica della trasmissione manuale automatica del veicolo della figura 1;
- la figura 3 è una vista schematica di un circuito idraulico di azionamento di una frizione della

trasmissione manuale automatica della figura 2
provvisto di una elettrovalvola che viene controllata
secondo il metodo di controllo della presente
invenzione; e

- le figure 4-13 sono sei grafici che mostrano
rispettivi andamenti temporali di una corrente
elettrica che attraversa l'elettrovalvola della figura
3.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicato nel suo complesso un veicolo (in particolare una automobile) provvisto di due ruote 2 anteriori e di due ruote 3 posteriori motrici; in posizione anteriore è disposto un motore 4 a combustione interna, il quale è provvisto di un albero 5 motore e produce una coppia motrice che viene trasmessa alle ruote 3 posteriori motrici mediante una trasmissione 6 automatica manuale. La trasmissione 6 comprende un cambio 7 a doppia frizione disposto al retrotreno ed un albero 8 di trasmissione che collega l'albero 5 motore ad un ingresso del cambio 7. In cascata al cambio 7 è collegato un differenziale 9 autobloccante, dal quale partono una coppia di semiassi 10, ciascuno dei quali è solidale ad una ruota 3 posteriore motrice.

Il veicolo 1 comprende una centralina 11 di controllo del motore 4, la quale sovrintende al controllo del motore

4, una centralina 12 di controllo della trasmissione, la quale sovraintende al controllo della trasmissione 6, ed una linea 13 BUS, la quale è realizzata secondo il protocollo CAN (Car Area Network), è estesa a tutto il veicolo 1 e permette alle centraline 11 e 12 di controllo di dialogare tra loro. In altre parole, la centralina 11 di controllo del motore 4 e la centralina 12 di controllo della trasmissione sono collegate alla linea 13 BUS e quindi possono comunicare tra loro mediante messaggi inoltrati sulla linea 13 BUS stessa. Inoltre, la centralina 11 di controllo del motore 4 e la centralina 12 di controllo della trasmissione possono essere tra loro direttamente collegate mediante un cavo 14 di sincronizzazione dedicato, il quale è in grado di trasmettere direttamente dalla centralina 12 di controllo della trasmissione alla centralina 11 di controllo del motore 4 un segnale senza i ritardi introdotti dalla linea 13 BUS.

Secondo quanto illustrato nella figura 2, il cambio 7 a doppia frizione comprende una coppia di alberi 15 primari tra loro coassiali, indipendenti ed inseriti uno all'interno dell'altro. Inoltre, il cambio 7 a doppia frizione comprende due frizioni 16 coassiali e disposte in serie, ciascuna delle quali è atta a collegare un rispettivo albero 15 primario all'albero 5 motore del

motore 4 a combustione interna mediante l'interposizione dell'albero 8 di trasmissione. Il cambio 7 a doppia frizione comprende un singolo albero 17 secondario collegato al differenziale 9 che trasmette il moto alle ruote 3 posteriori motrici; secondo una alternativa ed equivalente forma di attuazione, il cambio 7 a doppia frizione comprende due alberi 17 secondari entrambi collegati al differenziale 9.

Il cambio 7 a doppia frizione presenta sette marce avanti indicate con numeri romani (prima marcia I, seconda marcia II, terza marcia III, quarta marcia IV, quinta marcia V, sesta marcia VI e settima marcia VII) ed una retromarcia (indicata con la lettera R). L'albero 15 primario e l'albero 17 secondario sono tra loro meccanicamente accoppiati mediante una pluralità di coppie di ingranaggi, ciascuna delle quali definisce una rispettiva marcia e comprende un ingranaggio 18 primario montato sull'albero 15 primario ed un ingranaggio 19 secondario montato sull'albero 17 secondario. Per permettere il corretto funzionamento del cambio 7 a doppia frizione, tutte le marce dispari (prima marcia I, terza marcia III, quinta marcia V, settima marcia VII) sono accoppiate ad uno stesso albero 15 primario, mentre tutte le marce pari (seconda marcia II, quarta marcia IV, e sesta marcia VI) sono accoppiate all'altro albero 15 primario.

Ciascun ingranaggio 18 primario è calettato ad un rispettivo albero 15 primario per ruotare sempre in modo solidale con l'albero 15 primario stesso ed ingrana in modo permanente con il rispettivo ingranaggio 19 secondario; invece, ciascun ingranaggio 19 secondario è montato folle sull'albero 17 secondario. Inoltre, il cambio 7 a doppia frizione comprende quattro sincronizzatori 20 doppi, ciascuno dei quali è montato coassiale all'albero 17 secondario, è disposto tra due ingranaggi 19 secondari, ed è atto a venire attuato per innestare alternativamente i due rispettivi ingranaggi 19 secondari all'albero 17 secondario (cioè per rendere alternativamente i due rispettivi ingranaggi 19 secondari angolarmente solidali all'albero 17 secondario). In altre parole, ciascun sincronizzatore 20 può venire spostato in un verso per innestare un ingranaggio 19 secondario all'albero 17 secondario, oppure può venire spostato nell'altro verso per innestare l'altro ingranaggio 19 secondario all'albero 17 secondario.

Secondo quanto illustrato nella figura 3, la trasmissione 6 comprende un circuito 21 idraulico di azionamento (solo parzialmente illustrato nella figura 3) che attua le frizioni 16 ed i sincronizzatori 20 mediante rispettivi servocomandi 22 idraulici (solo uno dei quali è illustrato nella figura 3). In particolare, per semplicità

nella figura 3 è illustrato un solo servocomando 22 idraulico che è accoppiato ad una frizione 16 ed è provvisto di una camera 23 di spinta che può venire riempita con olio in pressione; quando la camera 23 di spinta viene riempita con olio in pressione, viene generata una spinta assiale sui dischi della frizione 16 avente una intensità sostanzialmente proporzionale alla pressione P dell'olio all'interno della camera 23 di spinta.

Il circuito 21 idraulico comprende un serbatoio 24 di olio a pressione atmosferica, dal quale parte un condotto 25 provvisto di una pompa 26 e di una valvola di non ritorno 27 per alimentare dell'olio in pressione ad un accumulatore 28 idraulico; mediante un condotto 29 l'accumulatore 28 idraulico comunica con un ingresso di una elettrovalvola 30 proporzionale, dalla quale partono un condotto 31 sfociante nella camera 23 di spinta ed un condotto 32 sfociante nel serbatoio 24. In uso, l'elettrovalvola 30 è in grado di mantenere la camera 23 di spinta isolata dal serbatoio 24 per mantenere costante la pressione P dell'olio nella camera 23 di spinta, è in grado di collegare la camera 23 di spinta con il serbatoio 24 per ridurre la pressione P dell'olio nella camera 23 di spinta, ed è atta a collegare la camera 23 di spinta con l'accumulatore 28 idraulico per aumentare la pressione P dell'olio nella camera 23 di spinta.

L'elettrovalvola 30 è provvista di una bobina 34 di comando che viene attraversata da una corrente I elettrica generata dalla centralina 12 di controllo della trasmissione applicando ai capi della bobina 34 di comando una tensione V variabile nel tempo. La centralina 12 di controllo della trasmissione comprende un microcontrollore 35 principale che dialogando con i sensori della trasmissione 6 (come ad esempio un sensore 36 di pressione che misura la pressione P dell'olio all'interno della camera 23 di spinta) e con le altre componenti del veicolo 1 (essenzialmente con la centralina 11 di controllo del motore) stabilisce un obiettivo di posizione per ciascun servocomando 22 idraulico e quindi traduce tale obiettivo di posizione in un corrisponde obiettivo di corrente I_{OBJ} (illustrato nelle figure 4-13) per la corrispondente elettrovalvola 30. Per sgravare il microcontrollore 35 principale dal compito intensivo di realizzare direttamente il controllo di corrente delle elettrovalvole 30, il microcontrollore 35 principale non realizza direttamente il controllo di corrente di ciascuna elettrovalvola 30 ma comunica l'obiettivo di corrente I_{OBJ} ad un corrispondente microcontrollore di supporto 37 che provvede a realizzare in autonomia il controllo di corrente dell'elettrovalvola 30 per inseguire l'obiettivo di corrente I_{OBJ} ricevuto dal microcontrollore 35 principale. In particolare, ciascun

microcontrollore di supporto 37 inseguire l'obiettivo di corrente I_{OBJ} ricevuto dal microcontrollore 35 principale mediante un controllo in retroazione e quindi è provvisto di un sensore 38 di corrente che misura l'intensità della corrente I elettrica che attraversa la bobina 34 di comando della elettrovalvola 30.

Ciascun microcontrollore 37 di supporto prevede un ingresso digitale 39 che è collegato al microcontrollore 35 principale per ricevere dal microcontrollore 35 principale stesso l'obiettivo di corrente I_{OBJ} da inseguire. L'obiettivo di corrente I_{OBJ} da inseguire (cioè il valore desiderato istante per istante della corrente I che attraversa la bobina 34 di comando della elettrovalvola 30) viene fornito dal microcontrollore 35 principale come frazione del valore massimo e presenta una risoluzione imposta dal numero di Bit dell'ingresso digitale 39; ad esempio un ingresso digitale 39 a 8 Bit permette una risoluzione pari a $1/256$, un ingresso digitale 39 a 9 Bit permette una risoluzione pari a $1/512$, ed un ingresso digitale 39 a 10 Bit permette una risoluzione pari a $1/1024$. Di conseguenza, la risoluzione dell'ingresso digitale 39 (cioè il numero di bit dell'ingresso digitale 39) stabilisce l'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} (illustrato nelle figure 6-13); in altre parole, tanto maggiore è la risoluzione

dell'ingresso digitale 39 (cioè tanto maggiore è il numero di bit dell'ingresso digitale 39), tanto minore è l'intervallo di quantizzazione minimo $\Delta_{\min}$ dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} . Ad esempio, un ingresso digitale 39 a 8 Bit permette una risoluzione pari a $1/256$ e quindi la variazione minima dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} è pari ad $1/256$ (cioè non è possibile aumentare o diminuire l'obiettivo di corrente I_{OBJ} di una quantità più piccola di $1/256$).

Secondo quanto illustrato nella figura 4, il microcontrollore 35 principale utilizza il controllo di corrente con dithering, cioè il microcontrollore 35 principale sovrappone a ciascun obiettivo di I_{OBJ} corrente determinato in funzione dell'obiettivo di posizione una onda quadra di dithering I_{DITH} , la quale presenta normalmente (cioè in condizioni normali) un valore medio nullo e presenta una frequenza di oscillazione elevata; il periodo T_{DITH} dell'onda quadra di dithering è troppo piccolo per perturbare il circuito 21 idraulico pilotato dalle elettrovalvole 30 ma consente di inibire il manifestarsi di fenomeni di attrito statico all'interno delle elettrovalvole 30. In altre parole, ciascuna elettrovalvola 30 viene mantenuta "in fibrillazione" con piccole oscillazioni veloci e di piccola entità attorno all'obiettivo di posizione per evitare che le parti mobili

della elettrovalvola 30 possano "incollarsi" aumentando l'attrito statico di primo distacco.

Come illustrato nella figura 4, per ciascuna elettrovalvola 30 il microcontrollore 35 principale determina l'obiettivo di corrente I_{OBJ} , determina l'onda quadra di dither I_{DITH} che presenta normalmente un valore medio nullo, e somma all'obiettivo di corrente I_{OBJ} l'onda quadra di dither I_{DITH} ; all'ingresso digitale 39 del corrispondente microcontrollore 37 di supporto, il microcontrollore 35 principale comunica la somma tra l'obiettivo di corrente I_{OBJ} e l'onda quadra di dither I_{DITH} in modo tale che il microcontrollore 37 di supporto piloti la bobina 34 della elettrovalvola 30 per inseguire tale somma. Come appare evidente nella figura 5, il microcontrollore 37 di supporto pilota la bobina 34 della elettrovalvola 30 mediante la nota tecnica di controllo denominata "chopper" che prevede di applicare alternativamente ai morsetti della bobina 34 della elettrovalvola 30 una tensione positiva che determina una crescita della corrente I che attraversa la bobina 34 ed una tensione nulla (o negativa) che determina una diminuzione della corrente I che attraversa la bobina 34.

La frequenza di oscillazione dell'onda quadra di dither I_{DITH} viene scelta in modo tale che questa frequenza di oscillazione sia un sottomultiplo intero (cioè sia

minore) rispetto alla frequenza massima di variazione della corrente I attraverso l'elettrovalvola 30 (cioè la massima "velocità" con cui è possibile modificare la corrente I attraverso l'elettrovalvola 30); in altre parole, il periodo T_{DITH} dell'onda quadra di dither I_{DITH} è un multiplo intero (cioè è maggiore) del minimo periodo T_{min} con cui è possibile modificare la corrente I attraverso l'elettrovalvola 30 come chiaramente illustrato nelle figure 6-13. In questo modo, durante un singolo periodo T_{DITH} dell'onda quadra di dither I_{DITH} è possibile variare più volte l'intensità della corrente I attraverso l'elettrovalvola 30; nell'esempio illustrato nelle figure 6-13 il periodo T_{DITH} dell'onda quadra di dither I_{DITH} è pari ad otto volte il minimo periodo T_{min} con cui è possibile modificare la corrente I attraverso l'elettrovalvola 30 (cioè la frequenza di oscillazione dell'onda quadra di dither I_{DITH} è pari a $1/8$ della frequenza massima di variazione della corrente I attraverso l'elettrovalvola 30) e quindi ad ogni periodo T_{DITH} dell'onda quadra di dither I_{DITH} è possibile variare otto volte la corrente I attraverso l'elettrovalvola 30.

Grazie al fatto che durante un singolo periodo T_{DITH} dell'onda quadra di dither I_{DITH} è possibile variare più volte l'intensità della corrente I attraverso l'elettrovalvola 30, risulta possibile variare l'ampiezza

dell'onda quadra di dither I_{DITH} per una frazione del periodo T_{DITH} dell'onda quadra di dither I_{DITH} stessa e di una quantità pari all'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} per determinare temporaneamente uno scostamento del valore medio dell'onda quadra di dither I_{DITH} rispetto allo zero e quindi ottenere una corrispondente variazione del valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} di una quantità pari ad una frazione dell'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} .

Nella figura 6, l'onda quadra di dither I_{DITH} del primo periodo è identica all'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo e quindi tra il primo periodo ed il secondo periodo il valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} rimane costante.

Nella figura 7, l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo si differenzia dall'onda quadra di dither I_{DITH} del primo periodo per il fatto che per $1/4$ del periodo T_{DITH} l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo viene aumentata di una quantità pari all'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} ; in questo modo, tra il primo periodo ed il secondo periodo il valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} aumenta di $1/4$ dell'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} . Come illustrato nella figura 7, l'aumento dell'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo è distribuito metà in un

primo semiperiodo positivo e metà in un secondo periodo negativo; come illustrato nelle figure 8 e 9, è anche possibile collocare tutto l'aumento dell'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo in un solo semiperiodo (nel primo semiperiodo secondo quanto illustrato nella figura 8 e nel secondo semiperiodo secondo quanto illustrato nella figura 9).

Nella figura 10, l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo si differenzia dall'onda quadra di dither I_{DITH} del primo periodo per il fatto che per $2/4$ del periodo T_{DITH} l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo viene aumentata di una quantità pari all'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} ; in questo modo, tra il primo periodo ed il secondo periodo il valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} aumenta di $2/4$ dell'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} .

Nella figura 11, l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo si differenzia dall'onda quadra di dither I_{DITH} del primo periodo per il fatto che per $3/4$ del periodo T_{DITH} l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo viene aumentata di una quantità pari all'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} ; in questo modo, tra il primo periodo ed il secondo periodo il valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} aumenta di $3/4$ dell'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} .

Nella figura 12, l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo si differenzia dall'onda quadra di dither I_{DITH} del primo periodo per il fatto che per $5/8$ del periodo T_{DITH} l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo viene aumentata di una quantità pari all'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} ; in questo modo, tra il primo periodo ed il secondo periodo il valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} aumenta di $5/8$ dell'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} .

Nella figura 13, l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo si differenzia dall'onda quadra di dither I_{DITH} del primo periodo per il fatto che per $7/8$ del periodo T_{DITH} l'onda quadra di dither I_{DITH} del secondo periodo viene aumentata di una quantità pari all'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} ; in questo modo, tra il primo periodo ed il secondo periodo il valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} aumenta di $7/8$ dell'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} .

Da quanto sopra esposto risulta evidente che è possibile ottenere una variazione del valore medio dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} di una quantità pari ad una frazione dell'intervallo di quantizzazione minimo Δ_{min} e quindi di fatto è possibile aumentare l'effettiva risoluzione sul controllo dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} .

Il metodo di controllo con dithering della posizione

di una elettrovalvola 30 sopra descritto presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, il metodo di controllo con dithering della posizione di una elettrovalvola 30 sopra descritto permette di aumentare la risoluzione effettiva del controllo dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} che risulta superiore alla risoluzione "hardware" (cioè imposta dal numero di bit dell'ingresso digitale 39 del corrispondente microcontrollore 37 di supporto). In altre parole, con una modesta complicazione del controllo software è possibile aumentare la risoluzione effettiva del controllo dell'obiettivo di corrente I_{OBJ} rispetto ai limiti imposti dall'"hardware".

Inoltre, il metodo di controllo con dithering della posizione di una elettrovalvola 30 sopra descritto è di semplice ed economica implementazione, in quanto non richiede l'installazione di componenti fisici aggiuntivi e non comporta un potenziamento della centralina 12 di controllo della trasmissione non richiedendo una rilevante potenza di calcolo aggiuntiva.

RIVENDICAZIONI

1) Metodo di controllo con dithering della posizione di una elettrovalvola (30); il metodo di controllo comprende le fasi di:

determinare un obiettivo di corrente (I_{OBJ}) attraverso l'elettrovalvola (30) che viene espresso in forma digitale con un intervallo di quantizzazione minimo (Δ_{min}) determinato;

sommare all'obiettivo di corrente (I_{OBJ}) una onda quadra di dither (I_{DITH}), la quale presenta una frequenza di oscillazione elevata; e

controllare la tensione (V) applicata all'elettrovalvola (30) per fare inseguire alla corrente (I) attraverso l'elettrovalvola (30) l'obiettivo di corrente (I_{OBJ}) sommato all'onda quadra di dither (I_{DITH});

il metodo di controllo è **caratterizzato dal fatto di** comprendere le ulteriori fasi di:

fare oscillare l'onda quadra di dither (I_{DITH}) con una frequenza che è un sottomultiplo rispetto alla frequenza massima di variazione della corrente (I) attraverso l'elettrovalvola (30); e

variare l'ampiezza dell'onda quadra di dither (I_{DITH}) per una frazione del periodo (T_{DITH}) dell'onda quadra di dither (I_{DITH}) stessa e di una quantità pari all'intervallo di quantizzazione minimo (Δ_{min}) dell'obiettivo di corrente

(I_{OBJ}) per determinare temporaneamente uno scostamento del valore medio dell'onda quadra di dither (I_{DITH}) rispetto allo zero e quindi ottenere una corrispondente variazione del valore medio dell'obiettivo di corrente (I_{OBJ}) di una quantità pari ad una frazione dell'intervallo di quantizzazione minimo (Δ_{min}).

2) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 1 e comprendente le ulteriori fasi di:

determinare l'obiettivo di corrente (I_{OBJ}) e l'onda quadra di dither (I_{DITH}) mediante un microcontrollore (35) principale; e

trasmettere in forma digitale l'obiettivo di corrente (I_{OBJ}) sommato all'onda quadra di dither (I_{DITH}) ad un microcontrollore (37) di supporto che provvede a controllare la tensione (V) applicata all'elettrovalvola (30) per fare inseguire alla corrente (I) attraverso l'elettrovalvola (30) l'obiettivo di corrente (I_{OBJ}) sommato all'onda quadra di dither (I_{DITH}).

3) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui l'elettrovalvola (30) è parte di un circuito (21) idraulico di azionamento che attua una trasmissione (6) manuale automatica.

4) Metodo di controllo secondo la rivendicazione 3, in cui l'elettrovalvola (30) pilota una frizione (16) della trasmissione (6) manuale automatica.

5) Trasmissione (6) manuale automatica per un veicolo e comprendente:

un circuito (21) idraulico di azionamento provvisto di almeno una elettrovalvola (30); ed

una centralina (12) di controllo della trasmissione che controlla la posizione dell'elettrovalvola (30) mediante il metodo di controllo con dithering secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3.

p.i.: FERRARI S.P.A.

Matteo MACCAGNAN

CLAIMS

1) Control method of the position of a solenoid valve (30) using dithering; the control method comprises the steps of:

determining a target current (I_{OBJ}) through the solenoid valve (30) that is expressed in digital form with a given minimum quantization interval (Δ_{min});

adding to the target current (I_{OBJ}) a dithering square wave (I_{DITH}) which has a high frequency of oscillation; and

controlling the voltage (V) applied to the solenoid valve (30) to make the current (I) through the solenoid (30) follow the target current (I_{OBJ}) added to the dithering square wave (I_{DITH});

the control method is **characterized in that** it comprises the additional steps of:

jiggling the dithering square wave (I_{DITH}) with a frequency that is a sub-multiple of the maximum frequency of variation of the current (I) through the solenoid valve (30); and

varying the amplitude of the dithering square wave (I_{DITH}) for a fraction of the period (T_{DITH}) of the dithering square wave (I_{DITH}) and by an amount equal to the minimum quantization interval (Δ_{min}) of the target current (I_{OBJ}) to temporarily determine a deviation of the mean value of dithering square wave (I_{DITH}) compared to zero and therefore get a corresponding variation of the average value of the target current (I_{OBJ}) by an amount equal to a fraction of the minimum quantization

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

interval ($\Delta_{\min}$).

2) Control method according to claim 1 comprising the additional steps of:

determining the target current (I_{OBJ}) and the dithering square wave (I_{DITH}) using a primary microcontroller (35); and

transmitting in digital form the target current (I_{OBJ}) added to the dithering square-wave (I_{DITH}) to a support microcontroller (37) that controls the voltage (V) applied to the solenoid valve (30) to make the current (I) through the solenoid valve (30) follow the target current (I_{OBJ}) added to the dithering square wave (I_{DITH}).

3) Control method according to claim 1 or 2, wherein the solenoid valve (30) is part of a driving hydraulic circuit (21) that actuates an automatic manual transmission (6).

4) Control method according to claim 3, wherein the solenoid valve (30) drives a clutch (16) of the automatic manual transmission (6).

5) Automatic manual transmission (6) for a vehicle and comprising:

a driving hydraulic circuit (21) having at least one solenoid valve(30); and

a control unit (12) of the transmission which controls the position of the solenoid valve(30) using the control method using dithering according to one of the claims from 1 to 3.

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

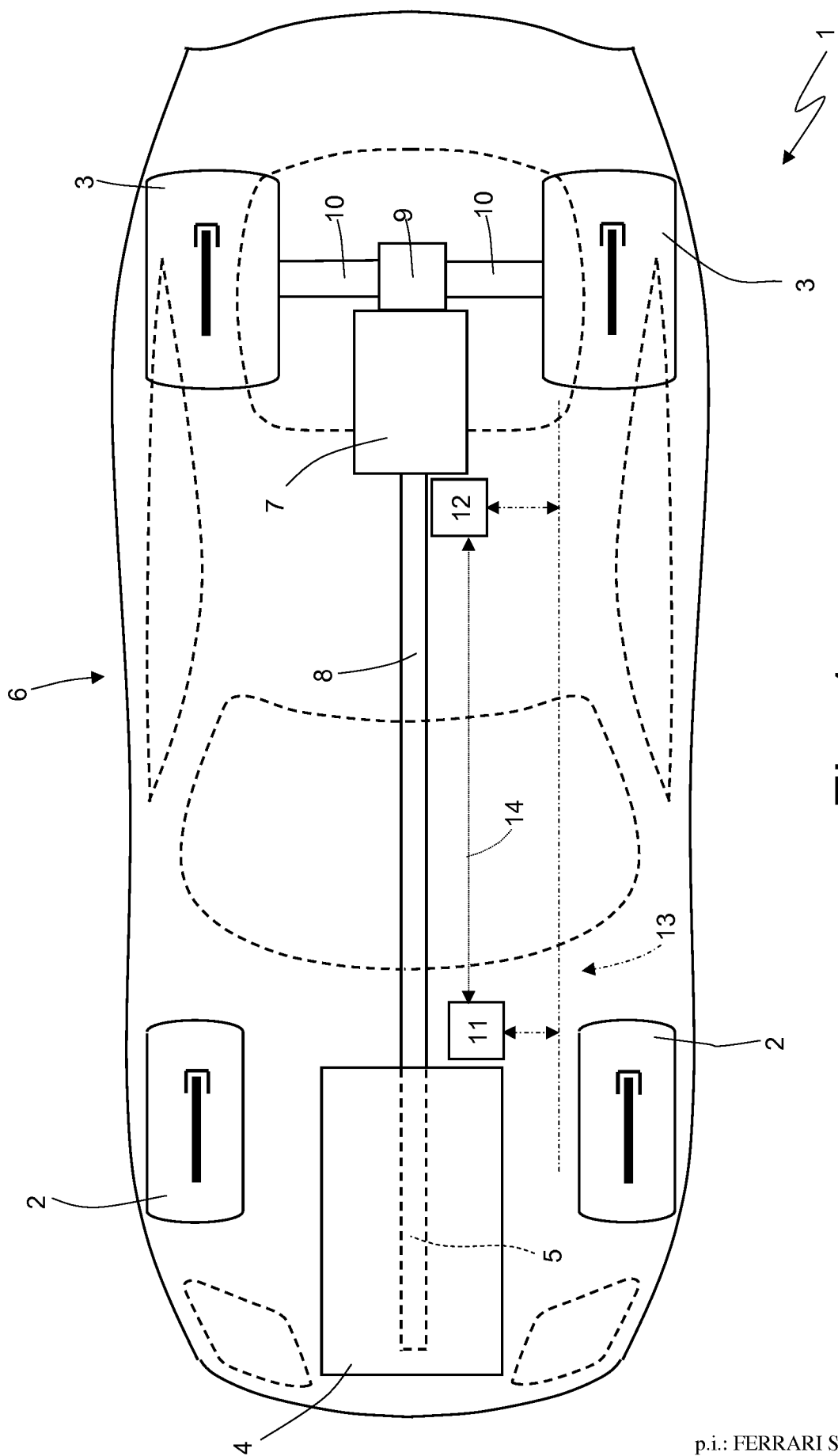


Fig. 1

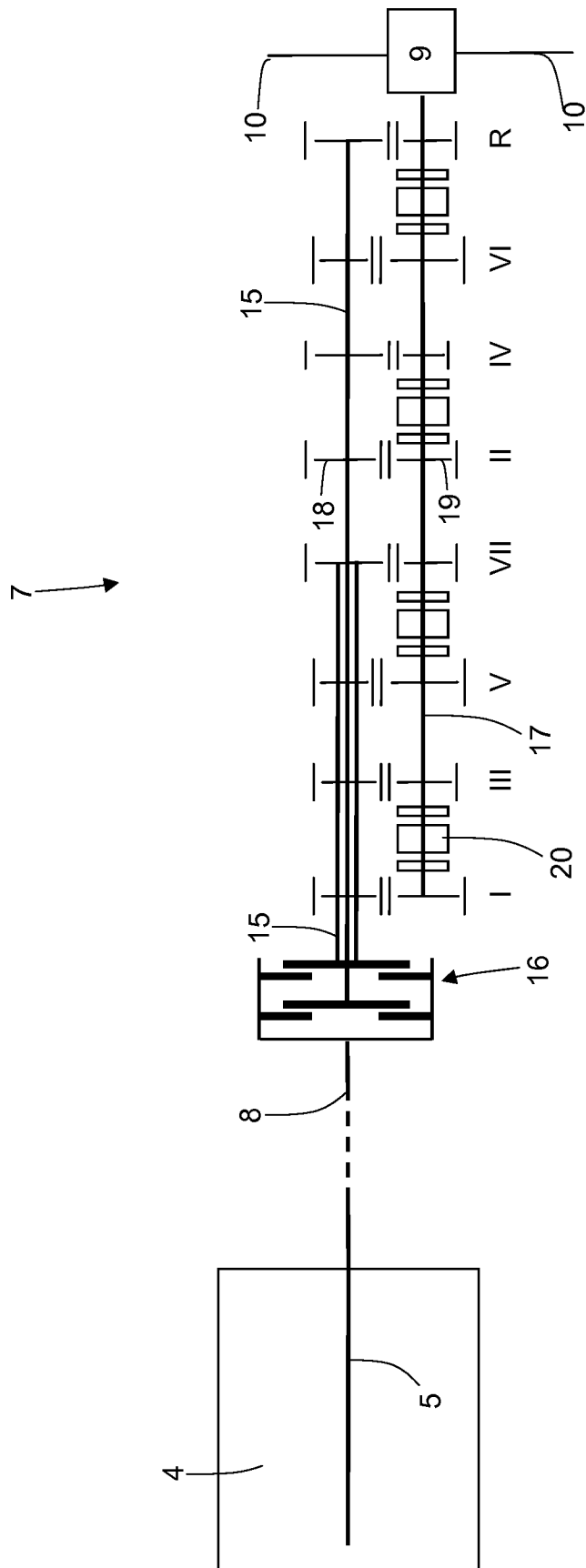
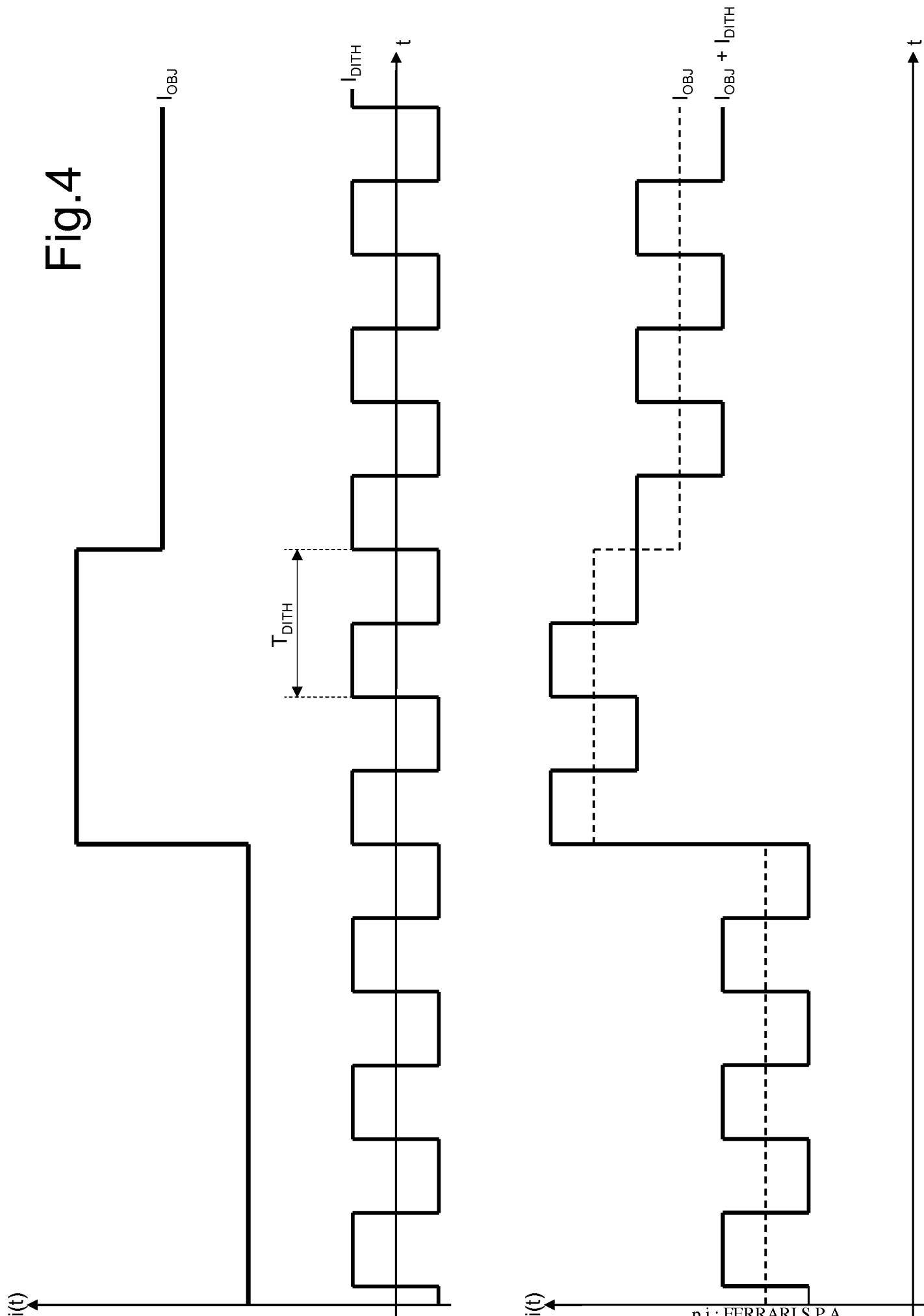


Fig.2



p.i.: FERRARI S.P.A.
Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo nr. 987/BM)

Fig.4



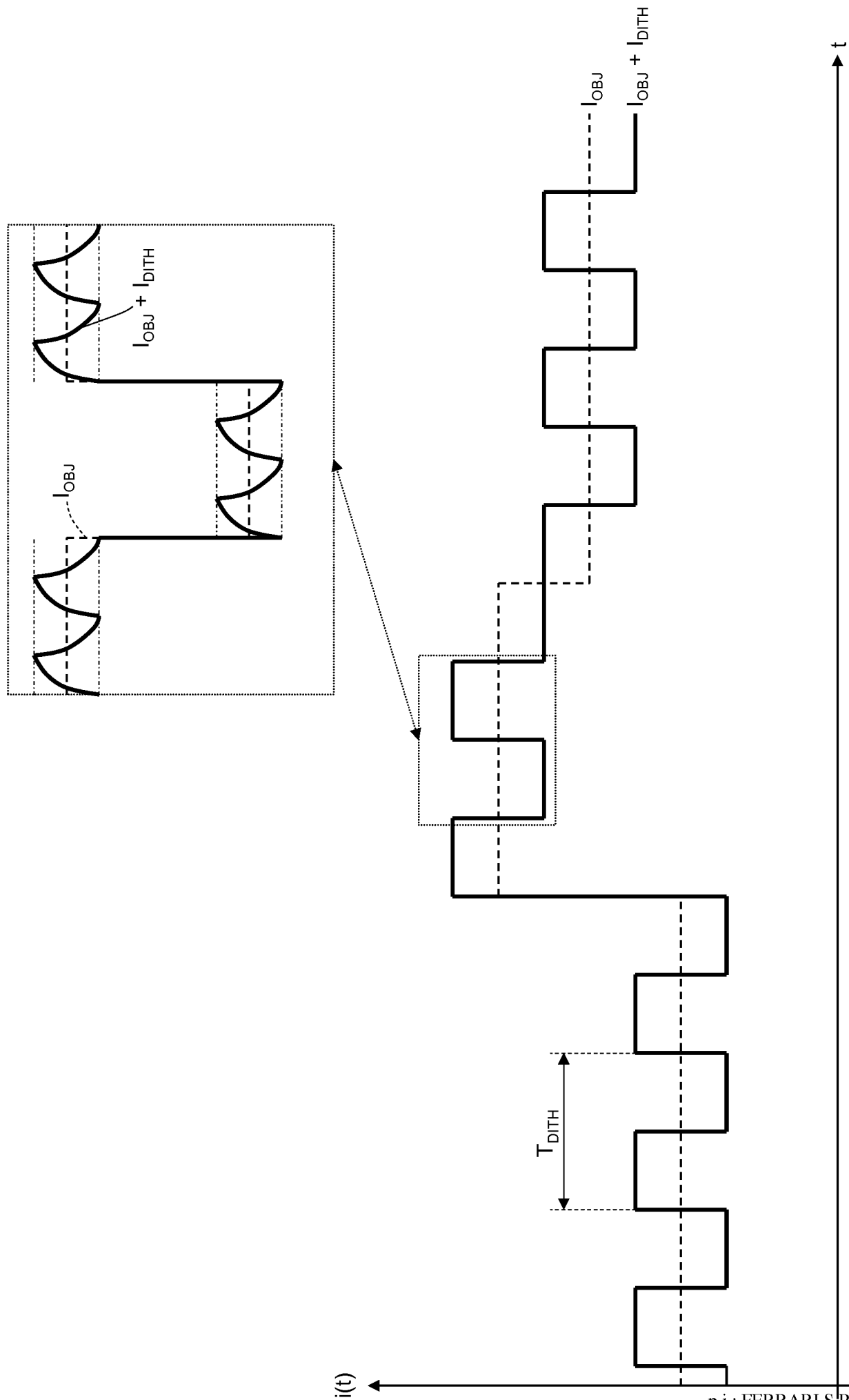


Fig.5

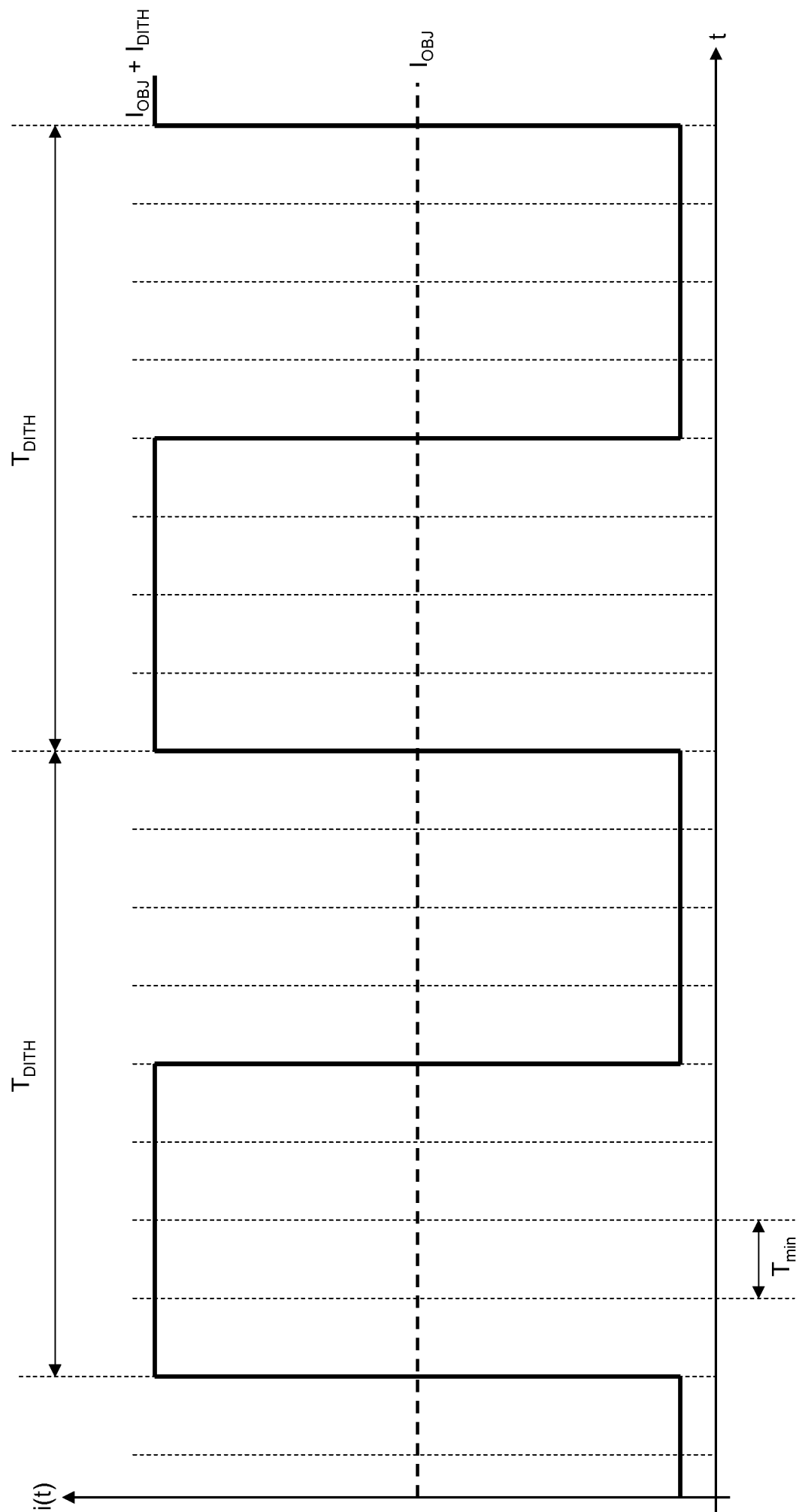


Fig.6

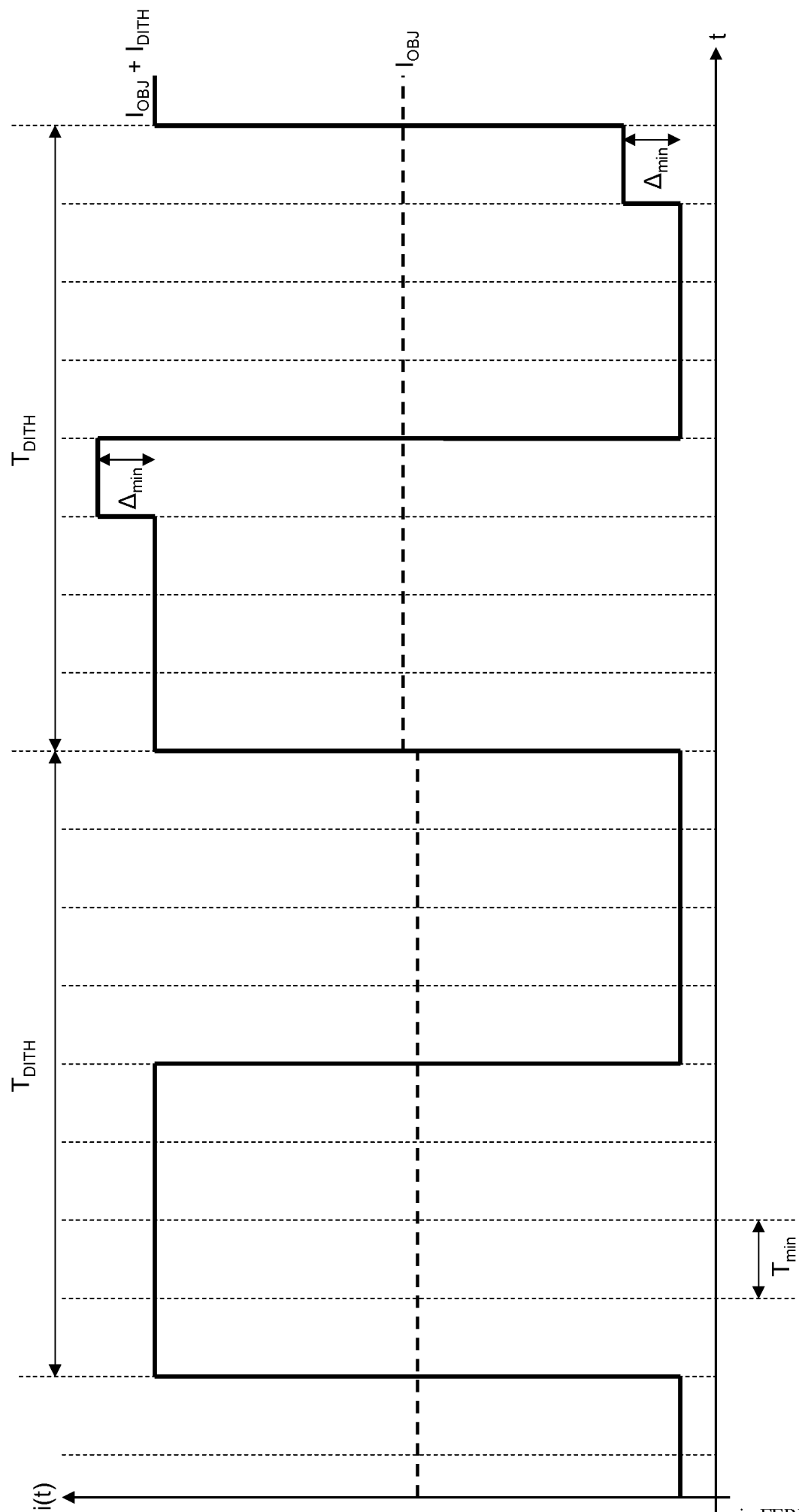


Fig.7

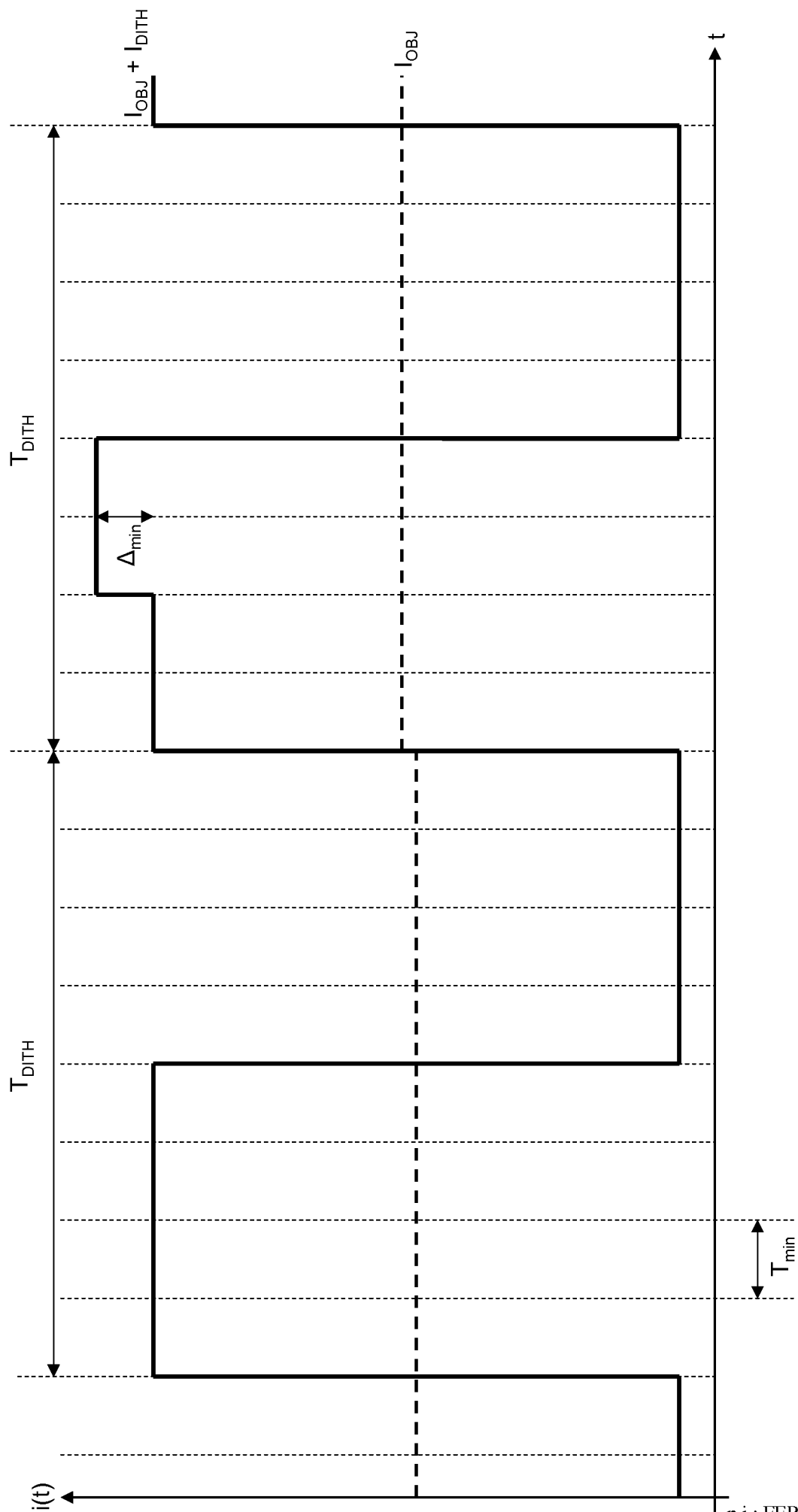


Fig.8

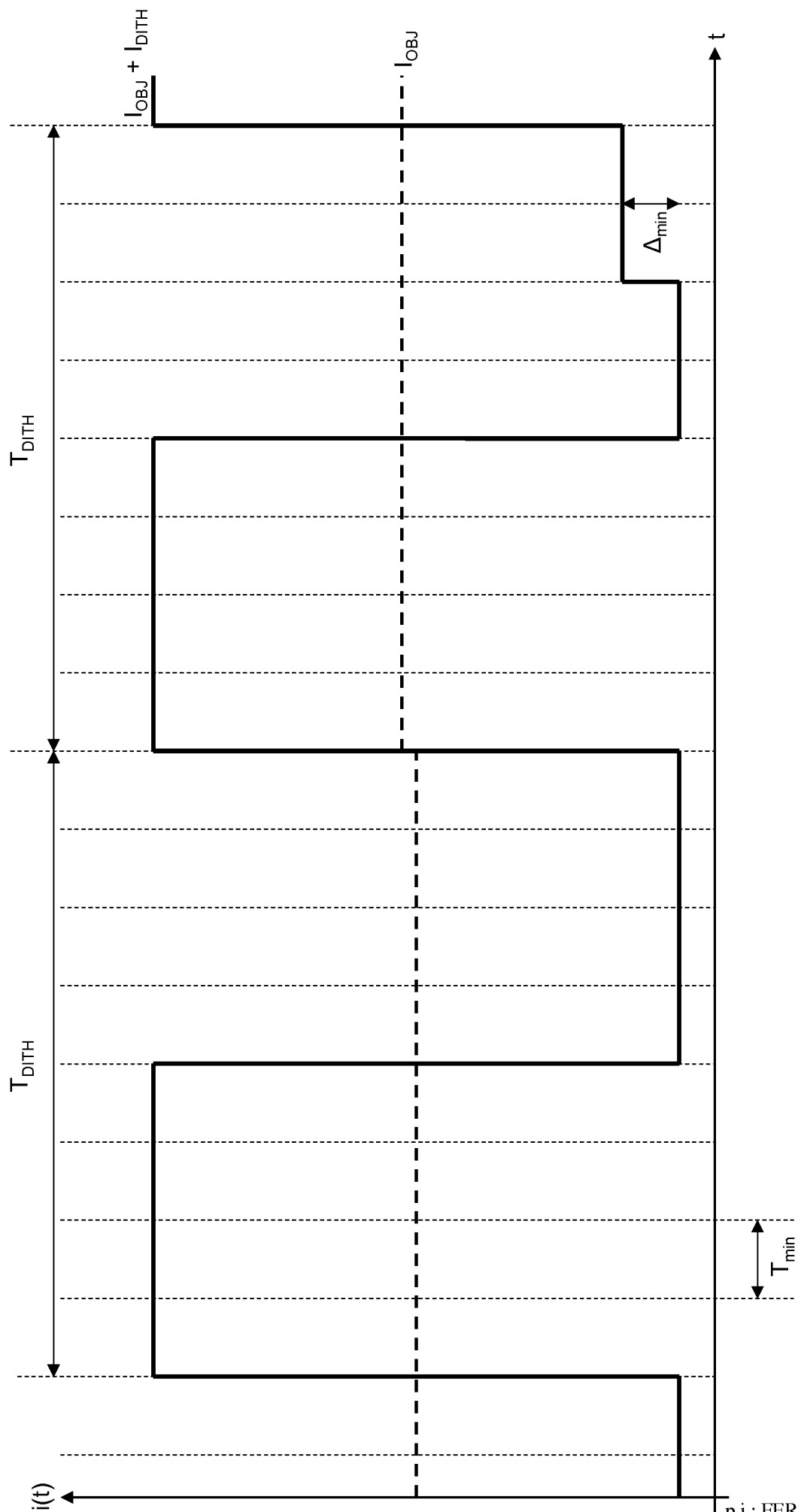


Fig.9

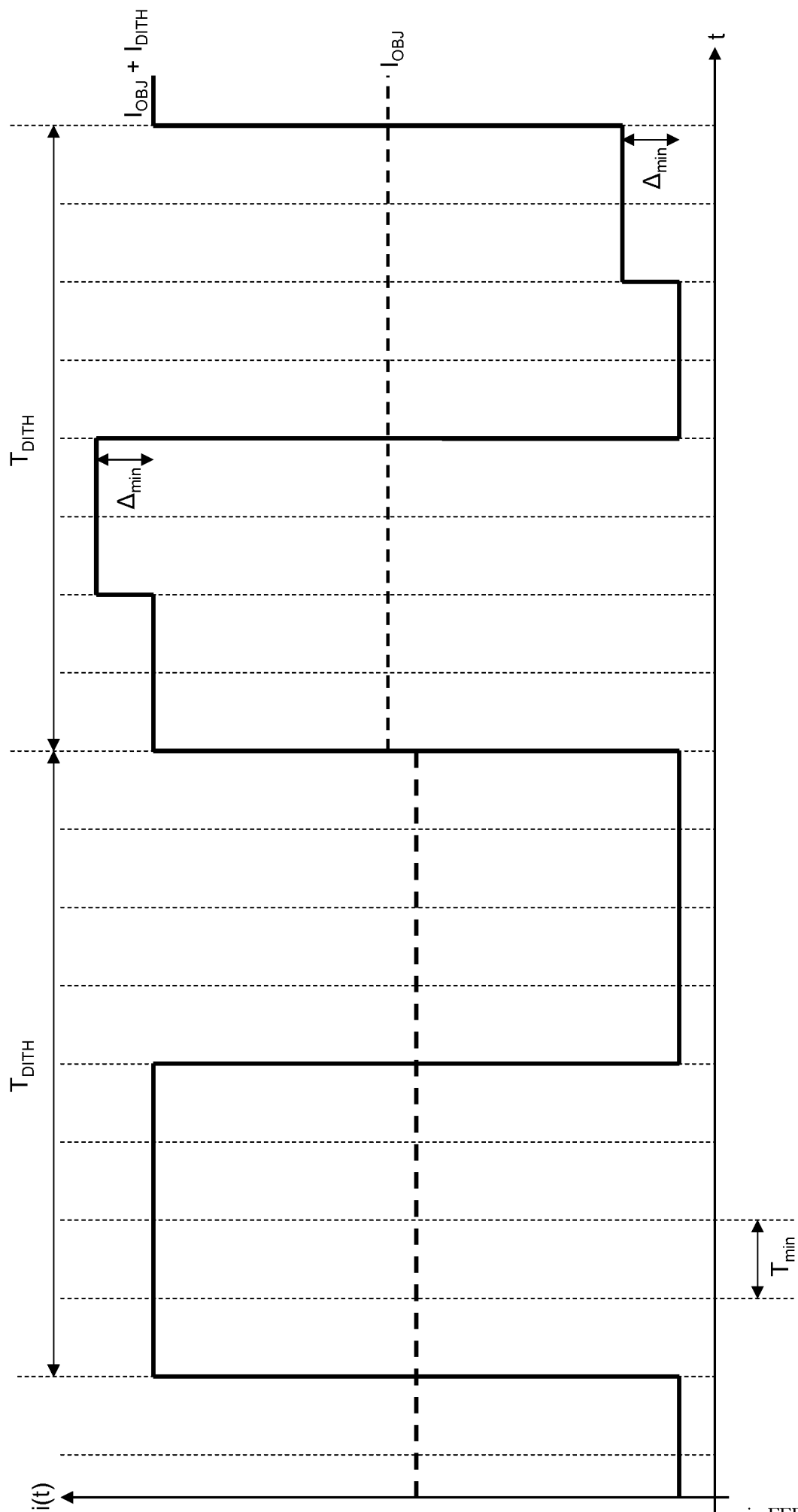


Fig.10

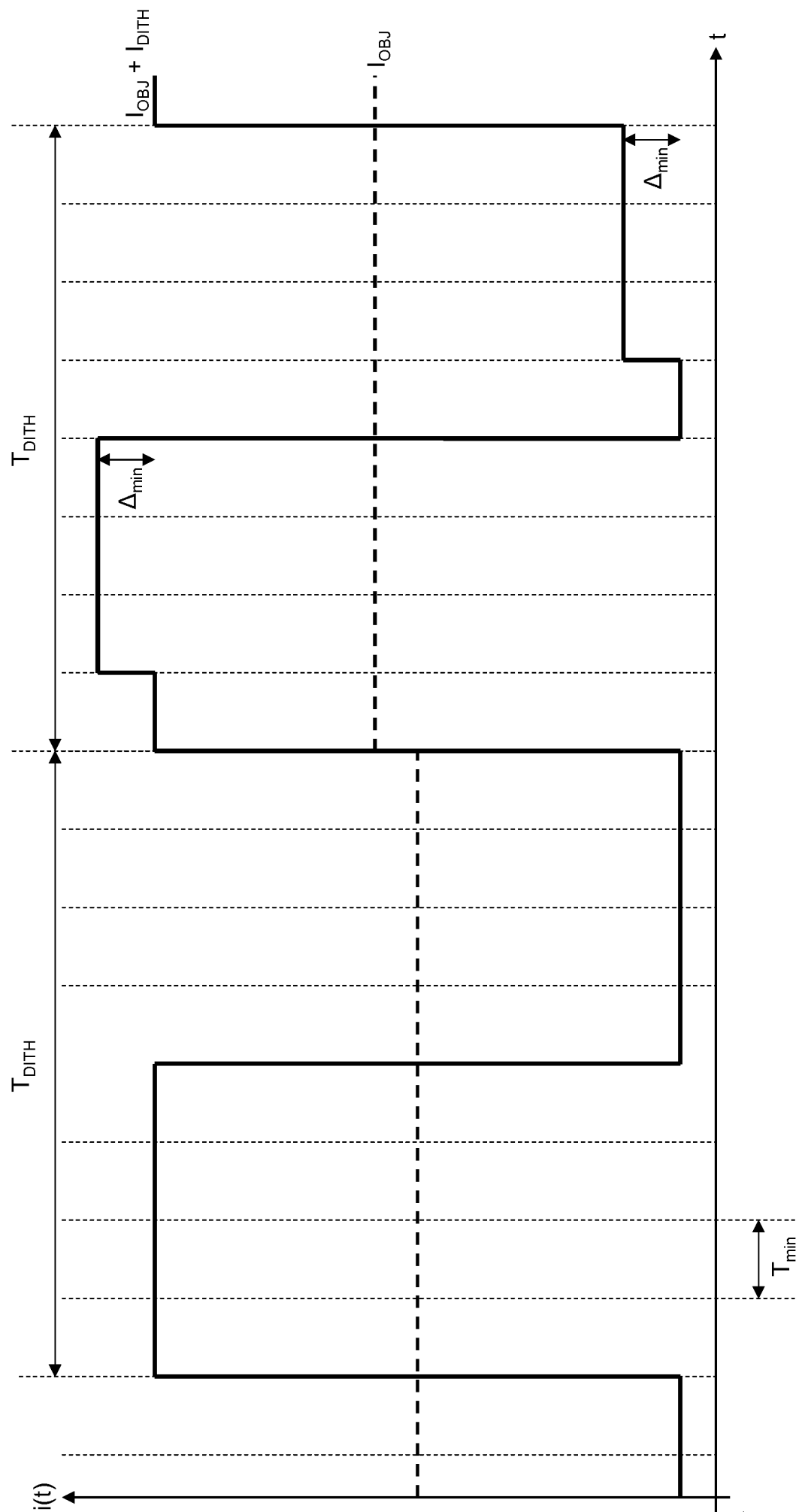


Fig.11



Fig. 12

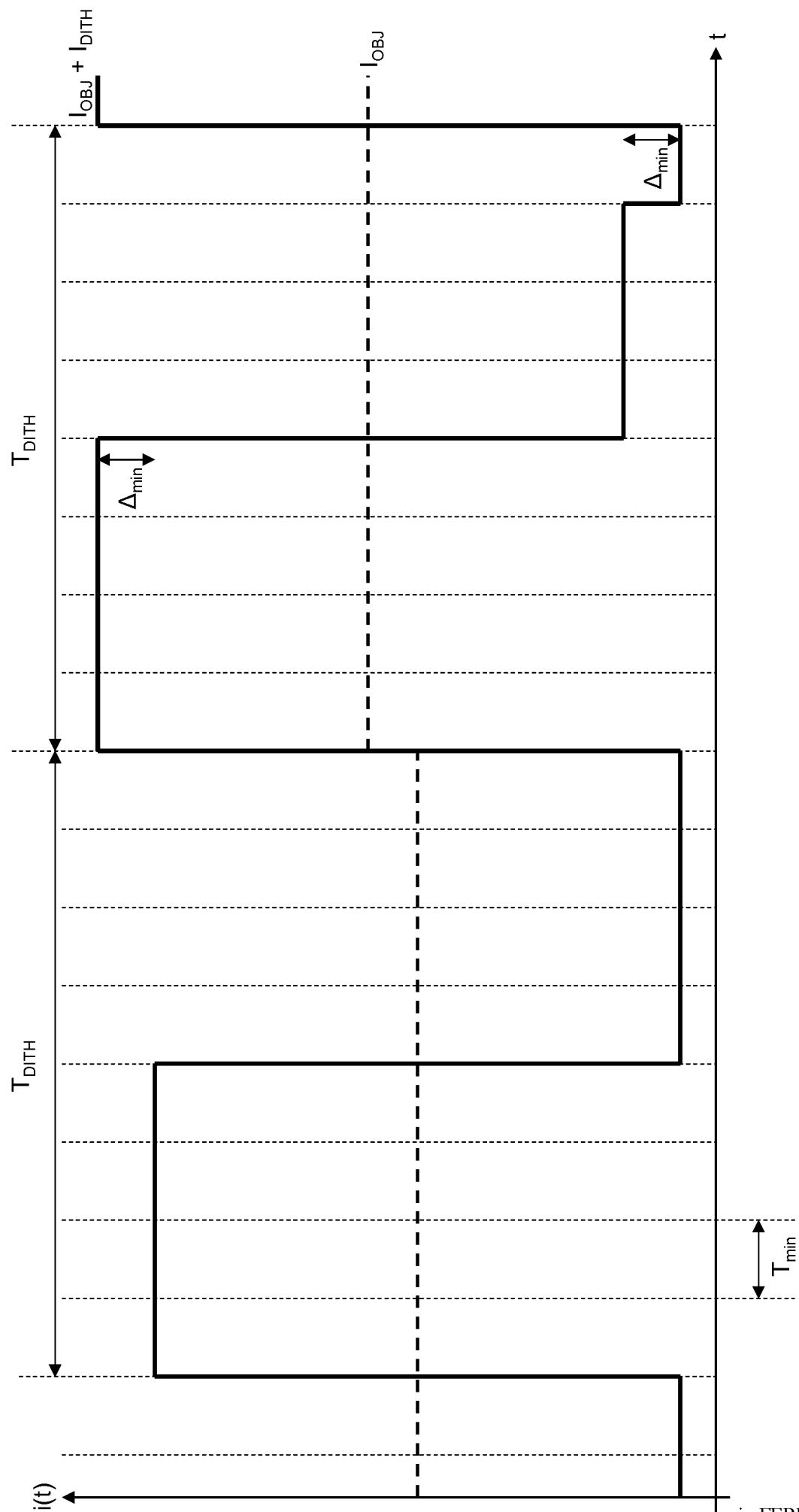


Fig.13