



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2012/09/06
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2013/03/14
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2014/03/03
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2012/051992
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2013/034856
(30) Priorité/Priority: 2011/09/07 (FR11 57961)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B60L 11/18* (2006.01),
G01R 31/36 (2006.01), *H01M 10/44* (2006.01),
H02J 7/00 (2006.01), *H02J 7/04* (2006.01)
(71) Demandeurs/Applicants:
ELECTRICITE DE FRANCE, FR;
ELECTRICITE RESEAU DISTRIBUTION FRANCE, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
ROUSSELLE, MELAINE, FR;
ALBERDI, GAIZKA, FR
(74) Agent: NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF DE RECHARGE OPTIMISEE DE BATTERIE ELECTRIQUE
(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPTIMIZED RECHARGING OF AN ELECTRIC BATTERY

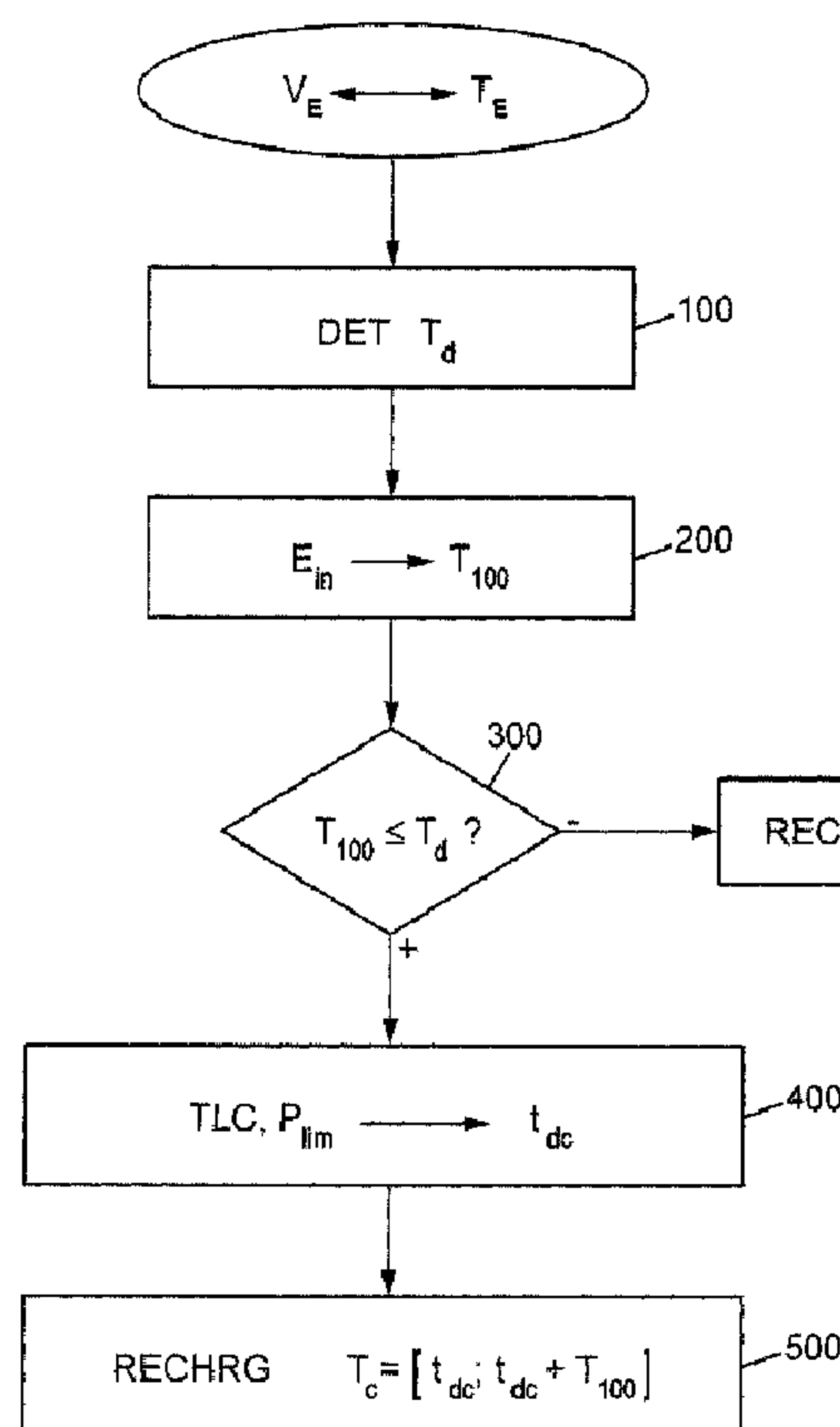


FIG. 2

(57) Abrégé/Abstract:

Procédé et dispositif de recharge optimisée de batterie électrique L'invention concerne un procédé de recharge optimisée de la batterie électrique (BAT) d'au moins un système électrique (V_E) par un dispositif de recharge électrique (T_E), dans lequel la batterie

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

électrique est rechargée (500) durant une période de temps de charge (T_c) appartenant à une période de temps de recharge disponible (T_d) initiée par le branchement du système de recharge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique, cette période de temps de charge débutant à un instant de début de charge (t_{dc}) déterminé (400) en fonction d'une courbe de charge (TLC) associée audit dispositif de recharge électrique, d'un niveau de puissance limite de charge (P_{lim}) et du niveau (E_{in}) d'énergie électrique résiduelle contenue dans la batterie électrique lors du branchement du système de charge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique. L'invention concerne également un dispositif (T_E) de recharge optimisée mettant en œuvre un tel procédé, ainsi qu'un système de recharge optimisée (S_E) comprenant un tel dispositif de recharge optimisée.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
14 mars 2013 (14.03.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/034856 A3(51) Classification internationale des brevets :
B60L 11/18 (2006.01) *H02J 7/00* (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)

92170 Vanves (FR). ALBERDI, Gaizka [ES/FR]; 10, allée du Platane, F-92170 Vanves (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/051992(74) Mandataires : HASSINE, Albert et al.; Cabinet Plasse-
raud, 52 rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).(22) Date de dépôt international :
6 septembre 2012 (06.09.2012)(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
11 57961 7 septembre 2011 (07.09.2011) FR(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : ELEC-
TRICITE DE FRANCE [FR/FR]; 22-30 avenue de Wa-
gram, F-75008 Paris (FR). ELECTRICITE RESEAU
DISTRIBUTION FRANCE [FR/FR]; Tour Winterthur,
102 Terrasse Boieldieu, F-92085 Paris la Defense Cedex
(FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ROUS-
SELLE, Méline [FR/FR]; 26/28, rue Antoine Fratacci, F-(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR OPTIMIZED RECHARGING OF AN ELECTRIC BATTERY

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE RECHARGE OPTIMISÉE DE BATTERIE ÉLECTRIQUE

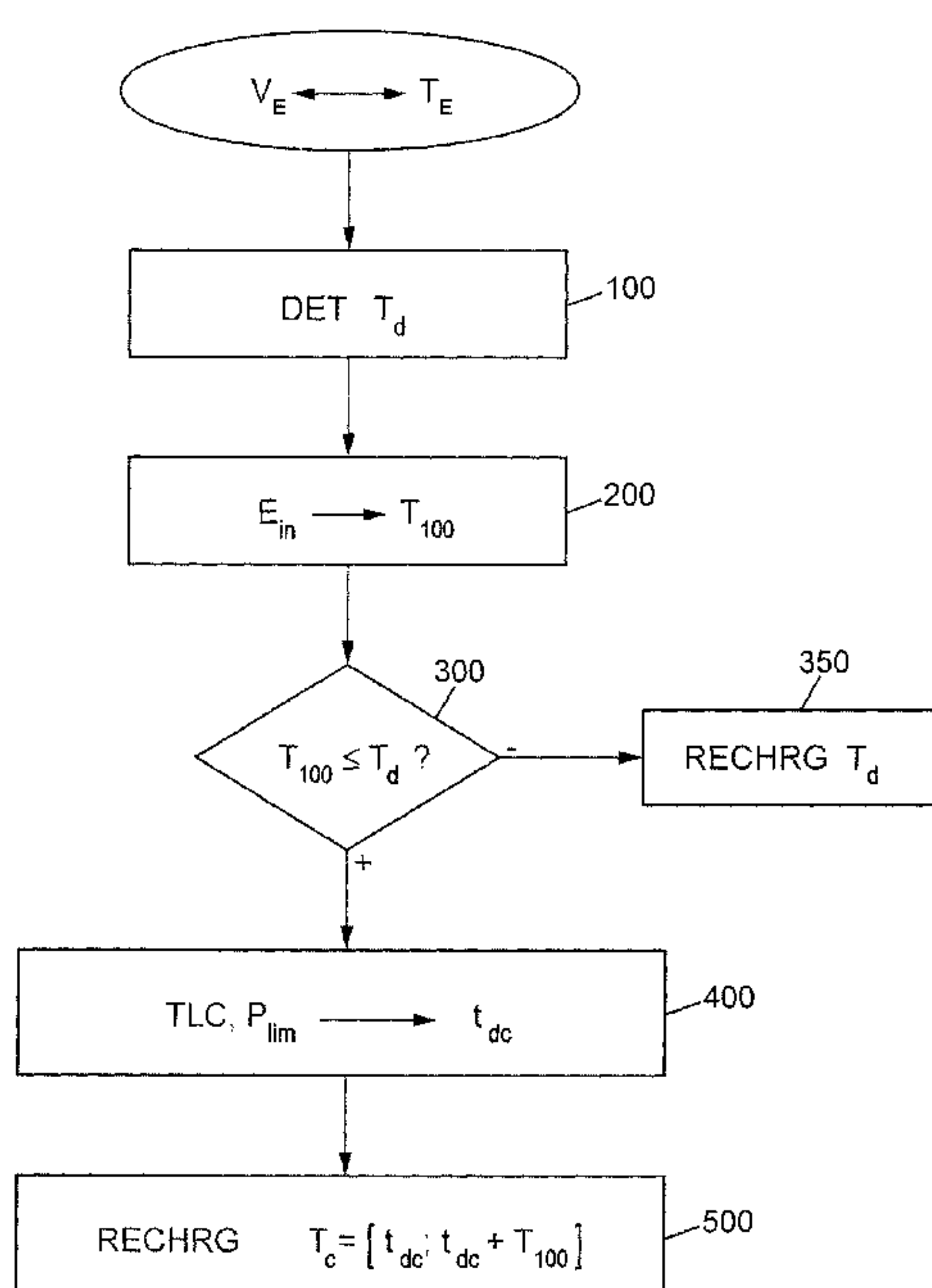


FIG. 2

(57) Abstract : Method and device for optimized recharging of an electric battery. The invention relates to a method of optimized recharging of the electric battery (BAT) of at least one electrical system (V_E) by an electrical recharging device (T_E), in which the electric battery is recharged (500) during a charging time period (T_c) belonging to an available recharging time period (T_d) initiated by the connecting of the recharging system of the electric battery to the electrical recharging device, this charging time period starting at a start of charge instant (t_{dc}) determined (400) as a function of a charging curve (TLC) associated with said electrical recharging device, of a charging limit power level (P_{lim}) and of the level (E_{in}) of residual electrical energy contained in the electric battery upon the connecting of the electric battery charging system to the electrical recharging device. The invention also relates to an optimized recharging device (T_E) implementing such a method, as well as to an optimized recharging system (S_E) comprising such an optimized recharging device.

(57) Abrégé : Procédé et dispositif de recharge optimisée de batterie électrique L'invention concerne un procédé de recharge optimisée de la batterie électrique (BAT) d'au moins un système électrique (V_E) par un dispositif de recharge électrique (T_E), dans lequel la batterie électrique est rechargée (500) durant une période de

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/034856 A3

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale :

24 octobre 2013

temps de charge (T_c) appartenant à une période de temps de recharge disponible (T_d) initiée par le branchement du système de recharge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique, cette période de temps de charge débutant à un instant de début de charge (t_{dc}) déterminé (400) en fonction d'une courbe de charge (TLC) associée audit dispositif de recharge électrique, d'un niveau de puissance limite de charge (P_{lim}) et du niveau (E_{in}) d'énergie électrique résiduelle contenue dans la batterie électrique lors du branchement du système de charge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique. L'invention concerne également un dispositif (T_E) de recharge optimisée mettant en œuvre un tel procédé, ainsi qu'un système de recharge optimisée (S_E) comprenant un tel dispositif de recharge optimisée.

Procédé et dispositif de recharge optimisée de batterie électrique

L'invention concerne le domaine de la gestion de la recharge de batteries
5 électriques, et notamment la recharge de batteries de véhicules électriques.

Il existe actuellement une multitude de systèmes électriques disposant d'un système de stockage d'énergie électrique, notamment constitué d'une ou plusieurs batteries électriques et de leur système de recharge associé, pouvant ainsi être connectés à un réseau électrique afin d'être rechargé électriquement.

10 Parmi ces systèmes électriques, on peut notamment citer les véhicules électriques disposant d'un système de stockage d'énergie électrique pouvant être connecté sur des bornes d'alimentation électriques à l'aide d'une prise de recharge. Les bornes d'alimentation électrique sont chacune connectées au réseau de distribution électrique.

15 Habituellement, la recharge de la batterie électrique de tels systèmes électriques démarre dès la connexion de cette batterie électrique au réseau de distribution électrique et se termine lors de la déconnexion de cette batterie électrique du réseau de distribution électrique.

Ainsi, en ce qui concerne le cas particulier des véhicules électriques, cette
20 recharge démarre dès le branchement de la prise de recharge du véhicule électrique sur la borne d'alimentation électrique et se poursuit tant que le véhicule électrique n'est pas débranché, c'est-à-dire jusqu'au moment où l'utilisateur du véhicule souhaite reprendre son véhicule ou tant que la batterie n'est pas pleine.

Cependant, ce type de recharge n'est pas optimal, car cette recharge ne tient
25 aucunement compte des contraintes liées au réseau électrique, à la batterie électrique à recharger ou à l'utilisateur du système électrique à recharger.

D'une part, les contraintes du réseau électrique auquel est raccordée la borne d'alimentation électrique peuvent notamment se traduire par une courbe de charge d'un transformateur ou d'un point de livraison, qui n'est pas uniforme dans le temps. Par
30 exemple, un transformateur est sous contrainte quand sa charge dépasse sa puissance nominale.

En effet, plus le niveau de charge du transformateur est élevé, et plus ce transformateur s'échauffe, ce qui accélère son vieillissement. En outre, de grandes variations de charge peuvent induire des dilatations et des contraintes mécaniques

assez brutales. A terme, ce transformateur peut devenir plus bruyant par augmentation des jeux.

En ce qui concerne la batterie électrique à recharger, cette dernière peut présenter des niveaux de charge très variés lors de son branchement à une borne d'alimentation électrique, ce qui conditionne la quantité d'énergie électrique nécessaire à obtenir de la borne d'alimentation électrique, et donc la durée de recharge nécessaire pour aboutir à une recharge complète.

Enfin, en ce qui concerne les contraintes de l'utilisateur du système électrique à recharger, ce dernier branche et débranche le système à des instants très variables, dépendant de son emploi du temps. Ainsi, lorsque le système électrique est une voiture électrique, le conducteur de ce véhicule gare et reprend son véhicule à des instants dépendant de son emploi du temps, ce qui conditionne le temps de charge disponible de la borne d'alimentation électrique.

La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients précités, en proposant un procédé de recharge optimisée permettant la prise en compte aussi bien des contraintes liées au réseau électrique que de celles liées à l'utilisateur du système électrique à recharger, ainsi que des contraintes liées à la batterie électrique à recharger, et permettant une meilleure préservation des dispositifs de recharge du réseau électrique.

Elle propose à cet effet un procédé de recharge optimisée de la batterie électrique d'au moins un système électrique par un dispositif de recharge électrique, dans lequel la batterie électrique est rechargée durant une période de temps de charge appartenant à une période de temps de recharge disponible initiée par le branchement du système de recharge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique, cette période de temps de charge débutant à un instant de début de charge déterminé en fonction d'une courbe de charge associée au dispositif de recharge électrique, d'un niveau de puissance limite de charge et du niveau d'énergie électrique résiduelle contenue dans la batterie électrique lors du branchement du système de charge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique.

Selon un mode de réalisation particulier, la détermination de l'instant de début de charge comprend le calcul, pour chaque instant d'une pluralité d'instant potentiels de début de charge consécutifs, d'un paramètre de charge potentielle dépendant de la différence entre la courbe de charge et le niveau de puissance limite de charge et la

sélection de l'instant de début de charge correspondant à l'instant potentiel de début de charge associé au paramètre de charge de valeur maximale parmi l'ensemble des paramètres de charge potentielle calculés.

De manière avantageuse, le calcul est un calcul itératif comprenant les étapes
5 suivantes, pour un instant potentiel de début de charge :

calculer le paramètre de charge potentielle associé à l'instant potentiel en fonction de la différence entre la courbe de charge et le niveau de puissance limite de charge ; et comparer la durée de l'intervalle de temps compris entre l'instant potentiel de début de charge et l'instant de fin de période de temps de recharge disponible avec la durée
10 de la période de temps de charge ;

le calcul itératif étant mis en œuvre pour chaque instant de la pluralité d'instant potentiels de début de charge consécutifs, dans l'ordre chronologique, jusqu'à ce que la durée de l'intervalle de temps compris entre cet instant potentiel de début de charge et l'instant de fin de période de temps de recharge disponible soit inférieure à la durée de
15 la période de temps de charge.

Dans un mode de réalisation avantageux, la détermination de l'instant de début de charge comprend en outre l'échantillonnage de la courbe de charge, sur la période de temps de recharge disponible, afin d'obtenir un ensemble de n valeurs de puissance de courbe de charge associées respectivement à n intervalles de temps débutant
20 respectivement lors de n instants potentiels de début de charge consécutifs, le paramètre de charge associé à un instant potentiel de début de charge étant égal à la somme des différences respectives, pour chaque intervalle de temps d'une pluralité d'intervalles de temps consécutifs débutant lors de l'instant potentiel de début de charge, entre le niveau de puissance limite et la valeur de puissance de courbe de charge, entre le niveau de puissance limite et la valeur de puissance de courbe de charge associé à l'intervalle de temps.
25

Avantageusement, la détermination comprend en outre l'échantillonnage d'une courbe de puissance limite de charge sur la période de temps de recharge disponible afin d'obtenir un ensemble de n valeurs de niveau de puissance limite associées respectivement aux n intervalles de temps débutant respectivement lors des n instants
30 potentiels de début de charge consécutifs, le paramètre de charge associé à un instant potentiel de début de charge étant égal à la somme des différences respectives, pour chaque intervalle de temps d'une pluralité d'intervalles de temps consécutifs débutant lors de l'instant potentiel de début de charge, entre la valeur de niveau de puissance limite et la valeur de puissance de courbe de charge associées à l'intervalle de temps.

Selon un mode de réalisation, la période de temps de recharge disponible est déterminée en fonction de l'instant de branchement du système de recharge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique et d'une indication relative à un instant de fin de recharge fournie par l'utilisateur du véhicule électrique.

5 Selon un autre mode de réalisation, dans lequel la durée de la période de temps de charge est déterminée en fonction du niveau d'énergie électrique résiduelle contenue dans la batterie électrique lors du branchement du système de charge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique.

10 Avantageusement, la durée de la période de temps de charge est égale à la différence entre une durée de charge, correspondant au temps nécessaire pour charger la batterie électrique jusqu'à un niveau d'énergie électrique souhaitée, et une durée de charge partielle, correspondant au temps nécessaire pour charger la batterie électrique jusqu'au niveau d'énergie électrique résiduelle. Dans un mode de réalisation particulier, le niveau d'énergie électrique souhaitée est un niveau de charge maximal de la batterie
15 électrique.

Selon un autre mode de réalisation, le procédé comprend une vérification préalable de la période de temps de recharge disponible en fonction de la durée de la période de temps de charge, la détermination de l'instant de début de charge de la batterie électrique n'ayant lieu que si la durée de la période de temps de recharge
20 disponible est supérieure à la durée de la période de temps de charge.

Dans un mode de réalisation, la batterie électrique appartient à une catégorie de batteries électriques présentant un certain niveau d'effet de mémoire, en particulier la catégorie des batteries électriques de type NiCd ou de type plomb acide.

25 La présente invention propose en outre un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre les étapes du procédé ci-avant lorsqu'il est exécuté par une unité de traitement d'un système de recharge électrique. Un tel programme doit être considéré comme un produit dans le cadre de la protection qui est recherchée par la présente demande de brevet.

30 La présente invention propose également un dispositif de recharge optimisée d'au moins un véhicule électrique, connecté à un réseau d'alimentation électrique et comprenant au moins un port de branchement apte à être connecté à la batterie électrique d'un véhicule électrique, le dispositif étant configuré pour mettre en œuvre les

étapes du procédé ci-avant suite au branchement de la batterie électrique d'un véhicule électrique sur le port de branchement du dispositif de recharge optimisée.

La présente invention propose enfin un système de recharge optimisée pour
5 recharger électriquement une flotte composée d'au moins un véhicule électrique, le système comprenant un réseau d'alimentation électrique et au moins un dispositif de recharge électrique tel que décrit ci-avant, connecté audit réseau d'alimentation électrique. Ce système peut avantageusement comprendre, en outre, un système informatique distant, connecté au dispositif de recharge électrique et comprenant une
10 unité de traitement apte à mettre œuvre les étapes du procédé ci-avant.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre un système de recharge optimisée de véhicules électriques
15 selon la présente invention ;
- la figure 2 illustre les étapes d'un procédé de recharge optimisée d'un véhicule électrique selon la présente invention ;
- la figure 3 illustre un mode de réalisation d'une étape de vérification préalable du procédé de recharge optimisée selon la présente invention ;
- 20 - la figure 4 illustre un mode de réalisation de l'étape de détermination de l'instant de l'instant de début de charge du procédé selon la présente invention ; et
- la figure 5 représente un graphique illustrant l'effet positif obtenu en employant le procédé de recharge électrique optimisée selon la présente invention.

25 On se réfère tout d'abord à la **figure 1** sur laquelle est illustré un système de recharge optimisée de véhicules électriques selon la présente invention.

Ce système de recharge optimisée, désigné par S_E sur la figure 1, comprend au moins un dispositif de recharge électrique T_E , apte à être connecté au système de
30 recharge de la batterie électrique BAT d'un ou plusieurs systèmes électriques V_E afin de la recharger électriquement.

Un seul dispositif de recharge électrique T_E et un seul système électrique V_E sont représentés sur cette figure 1, à titre purement illustratif, mais le système de recharge optimisée S_E peut comprendre un nombre quelconque de dispositifs de recharge

électrique afin de pouvoir recharger électriquement un nombre quelconque de systèmes électriques.

Ce dispositif de recharge électrique T_E est lui-même connecté à un réseau d'alimentation électrique E_{NET} afin d'obtenir l'énergie électrique nécessaire à cette recharge et peut consister en un transformateur électrique, par exemple. Ce dispositif T_E dispose ainsi d'un ou plusieurs ports de branchement $p_1, \dots, p_l$ apte(s) à être connecté(s) à la batterie électrique BAT d'un système électrique pour procéder à sa recharge au moyen de l'énergie électrique fourni par le réseau d'alimentation électrique E_{NET} .

Le système électrique V_E comprend une, voire plusieurs, batterie électrique BAT associée à un système de charge de cette batterie. Ce système électrique V_E est utilisé par un utilisateur U qui branche, et débranche, le système de charge de cette batterie électrique BAT au dispositif de recharge électrique T_E en fonction de son emploi de temps.

Sur la figure 1, à titre purement illustratif, le système électrique V_E est représenté comme étant un véhicule électrique, la présente demande trouvant une application particulièrement avantageuse à ce type particulier de système électrique. Dans cet exemple illustratif, le véhicule électrique V_E est conduit par un utilisateur U qui branche et débranche le système de recharge de la batterie électrique BAT au dispositif de recharge électrique T_E en fonction de son emploi de temps. Un tel véhicule électrique peut être une automobile, un vélomoteur, ou tout autre équipement disposant d'une batterie électrique pouvant être rechargée depuis le réseau électrique.

Ainsi, lors de l'optimisation de la recharge du système électrique V_E , différentes contraintes s'appliquent au système de recharge optimisée décrit à la figure 1 :

- les contraintes liées au réseau de recharge électrique, telle que la courbe de charge associée au dispositif de recharge électrique T_E ;

- les contraintes liées à la batterie électrique à recharger, telles que le profil de charge de la batterie électrique BAT, ou l'énergie électrique encore stockée dans cette batterie lorsque l'utilisateur U branche cette batterie BAT au dispositif de recharge électrique T_E ; et

- les contraintes liées à l'utilisateur U lui-même, notamment au niveau de son emploi de temps, qui influencent les instants de branchement et de débranchement du système électrique sur le dispositif de recharge électrique T_E , et donc la durée disponible de recharge de la batterie BAT.

Dans la présente invention, la batterie électrique BAT du système électrique V_E est ainsi rechargée durant au moins un intervalle de temps de charge $\Delta T_{\text{chg}}(i)$ appartenant à une période de temps de recharge disponible T_d , qui est initiée par le branchement du système de recharge de cette batterie électrique BAT au dispositif de recharge électrique T_E , ce qui permet d'optimiser la recharge de cette batterie en fonction de certaines contraintes liées à l'utilisateur en matière d'emploi du temps.

Par ailleurs, l'intervalle de temps de charge $\Delta T_{\text{chg}}(i)$ est déterminé en fonction d'une courbe de charge TLC associée au dispositif de recharge électrique T_E , ce qui permet également d'optimiser la recharge de la batterie électrique BAT en fonction de contraintes liées au dispositif de recharge électrique T_E , et donc au système de recharge optimisée S_E .

Une telle courbe de charge TLC peut être estimée à un moment donné, par exemple sur la base d'une variation de charge attendue, ou mise à jour en cours de charge, de manière à assurer une optimisation continue de la charge par rapport à l'état instantané du dispositif de recharge électrique T_E . D'une part, à titre illustratif, l'estimation de la courbe de charge TLC peut être effectuée sur la base de modèles prédéfinis de courbe de charge ou de modèles de courbe de charge calculés à partir d'un historique de charges relevées au niveau du dispositif de recharge électrique T_E . D'autre part, la mise à jour en cours de charge est particulièrement intéressante dans le cas où un grand nombre de batteries se connectent et se rechargent en même temps, ce qui peut induire des variations importantes de la courbe de charge TLC.

On se réfère maintenant à la **figure 2**, sur laquelle sont illustrées les étapes d'un procédé de recharge optimisée de la batterie électrique d'un système électrique selon la présente invention.

Ce procédé concerne la recharge électrique optimisée de la batterie électrique d'un ou plusieurs systèmes électriques V_E par un dispositif de recharge électrique T_E , le système électrique V_E comprenant une batterie électrique BAT associée à un système de recharge pouvant être connecté à ce dispositif de recharge électrique T_E afin de procéder à cette recharge. Par la suite, la recharge optimisée d'un seul système électrique V_E est décrite à titre illustratif, mais le procédé peut s'appliquer à la recharge d'un nombre quelconque de systèmes électriques.

Ce procédé peut tout d'abord comprendre la détermination (étape 100) d'une période de temps de recharge disponible T_d , effectuée pour tenir compte des contraintes de l'utilisateur, en particulier en termes d'emploi du temps, ce qui influence le temps disponible pour procéder à la recharge de la batterie électrique BAT.

5 Ainsi, l'instant t_A de branchement du système de recharge de la batterie électrique BAT au dispositif de recharge électrique T_E permet de déterminer le début de la période de temps de recharge disponible T_d . En d'autres termes, cet instant t_A de branchement de la batterie électrique initie la période de temps de recharge disponible T_d .

10 Pour déterminer l'instant t_D correspondant à la fin la période de temps de recharge disponible T_d , il est avantageux de demander à l'utilisateur d'indiquer l'heure à laquelle il prévoit de déconnecter le système électrique V_E (par exemple l'heure à laquelle il prévoit de reprendre son véhicule électrique), par exemple son heure de départ le matin avant de partir au travail. L'utilisateur U peut ainsi fournir une indication relative à cet instant t_D de fin de recharge, par exemple via une interface web spécifiquement dédiée
15 à cet effet sur un smartphone ou sur le tableau de bord du véhicule électrique employé.

Une fois cette période de temps de recharge disponible T_d déterminée, le procédé se poursuit par la détermination (étape 200) de la durée T_{100} de charge à appliquer à la batterie électrique BAT, en fonction de l'énergie électrique résiduelle E_{in} contenue dans
20 la batterie électrique BAT lors de son branchement au dispositif de recharge T_E .

En particulier, cette durée T_{100} de charge est déterminée pour permettre le rechargement de la batterie électrique jusqu'à une énergie électrique E souhaitée, d'une valeur prédéfinie, qui peut être typiquement l'énergie E_{max} maximale pouvant être stockée dans cette batterie électrique BAT correspondant à une recharge complète de
25 cette batterie.

La **figure 3** illustre un mode de réalisation d'une telle étape 200 de détermination de la durée T_{100} de la période de temps de charge à appliquer à la batterie électrique.

Dans ce mode de réalisation, une première durée de charge partielle T_x ,
30 correspondant au niveau d'énergie électrique résiduelle E_{in} contenue dans la batterie électrique BAT lors de son branchement au dispositif de recharge T_E , est tout d'abord calculée (étape 210).

En d'autres termes, cette durée de charge partielle T_x correspond au temps nécessaire pour charger la batterie électrique BAT, à partir d'un état où elle est vide

d'énergie (c'est-à-dire en partant d'un état de charge SoC nul), jusqu'au niveau d'énergie électrique résiduelle E_{in} .

Dans le cas particulier où l'information disponible au moment du branchement consiste en un état de charge SoC_0 de la batterie BAT, ce niveau d'énergie électrique résiduelle E_{in} est calculé au préalable au moyen de l'équation (1) suivante :

$$(1) \quad E_{in} = E_{expl} \cdot SoC_0$$

où :

- E_{expl} est la capacité exploitable de cette batterie BAT ; et
- SoC_0 est l'état de charge de la batterie électrique BAT au moment de son branchement au dispositif de recharge T_E (i.e. à l'instant t_A illustré sur la figure 4).

La durée de charge partielle T_x est alors déterminée grâce à l'équation (2) suivante :

$$(2) \quad E_{in} = \eta_{BAT} \cdot \eta_{chrgr} \int_0^{T_x} PFL(t) dt ,$$

où :

- η_{BAT} est le paramètre d'efficacité de la batterie électrique BAT, compris entre 0 et 100% ;
- η_{chrgr} est le paramètre d'efficacité du chargeur de cette batterie BAT, compris également entre 0 et 100% ; et
- $PFL(t)$ est le profil de la charge de la batterie électrique BAT prélevée du réseau d'alimentation électrique.

Une deuxième durée de charge T_{comp} , correspondant au temps nécessaire pour recharger la batterie électrique BAT jusqu'à un niveau E d'énergie électrique souhaitée à partir d'un état où elle est vide d'énergie (c'est-à-dire en partant d'un état de charge SoC nul), est ensuite déterminée (étape 220) en fonction du le profil $PFL(t)$ de charge de la batterie électrique BAT.

Cette deuxième durée de charge T_{comp} peut être calculée grâce à l'équation (3) suivante :

$$(3) \quad E = \eta_{BAT} \cdot \eta_{chrgr} \int_0^{T_{comp}} PFL(t) dt$$

En particulier, lorsque le niveau E d'énergie électrique souhaitée correspond à au
 5 niveau de charge maximal E_{max} de la batterie électrique BAT, alors cette deuxième
 durée de charge T_{comp} correspond à une durée de charge complète, c'est-à-dire au
 temps nécessaire pour recharger complètement la batterie électrique BAT à partir d'un
 état où elle est vide d'énergie.

Dans ce cas particulier, cette durée de charge complète T_{comp} est obtenue grâce
 10 à l'équation (4) suivante :

$$(4) \quad E_{max} = \eta_{BAT} \cdot \eta_{chrgr} \int_0^{T_{comp}} PFL(t) dt$$

où E_{max} est le niveau de charge maximal de la batterie électrique BAT.

15 Les étapes 210 et 220 de détermination de la première durée de charge partielle
 Tx et de la deuxième durée de charge T_{comp} ne sont pas nécessairement réalisées
 dans l'ordre indiqué précédemment, mais peuvent très bien être réalisées dans l'ordre
 inverse, c'est-à-dire avec une détermination de la deuxième durée de charge T_{comp}
 précédant la détermination de la première durée de charge partielle Tx.

20 Une fois les durées Tx et T_{comp} déterminées, la durée T_{100} de charge,
 correspondant au temps nécessaire pour charger la batterie électrique BAT d'un état où
 elle contient l'énergie électrique résiduelle E_{in} à un état où elle contient l'énergie
 électrique E souhaitée (typiquement un état de charge complète à un niveau E_{max}), peut
 alors être déterminée (étape 230) au moyen de l'équation (5) suivante :

$$(5) \quad T_{100} = T_{comp} - T_x$$

Pour revenir au procédé de recharge optimisée illustré à la figure 2, après avoir
 déterminé la période de temps de recharge disponible Td et la durée T_{100} de charge à
 30 appliquer à la batterie électrique BAT, il est avantageux de vérifier que la période de
 temps de recharge disponible Td est suffisante, afin de n'engager le processus de
 recharge optimisée que lorsque c'est le cas. Dans le cas contraire, un processus de

recharge électrique classique peut être mis en œuvre durant toute la durée de la période de temps de recharge disponible T_d .

On procède pour cela à la comparaison (étape 300) entre la durée de la période de temps de recharge disponible T_d et la durée de charge T_{100} , afin de déterminer si l'on dispose de suffisamment de temps pour effectuer une recharge complète.

Si cette durée T_{100} est inférieure ou égale à la durée de la période de temps de recharge disponible T_d , alors il est possible de mettre en œuvre avantageusement le procédé de recharge optimisé selon la présente invention.

Si, par contre, cette durée T_{100} est supérieure à la période de temps de recharge disponible T_d , alors une recharge complète et optimisée de la batterie électrique BAT n'est pas possible. Dans ce dernier cas, on peut procéder à une recharge électrique traditionnelle (étape 350) au cours de laquelle le profil de charge $PFL(t)$, tronqué par la durée T_x , est appliqué durant toute la période de temps de recharge disponible T_d , c'est-à-dire où le plan de charge durant cette période T_d se base sur une puissance de charge ayant un profil correspondant à $P(t) = PFL(T_x + t)$.

Après avoir déterminé la période de temps de recharge disponible T_d et la durée de charge T_{100} , et éventuellement vérifié que la durée T_{100} est bien inférieure ou égale à la durée de cette période de temps de recharge disponible T_d , on détermine (étape 400) un instant de début de charge, désigné par t_{dc} , dans la période de temps de recharge disponible T_d en fonction d'une courbe de charge TLC associée au dispositif de recharge électrique et d'un niveau de puissance limite de charge, désigné par P_{lim} et pouvant être avantageusement fixé par exemple à 50-60 % de la puissance de charge nominale du dispositif de recharge électrique T_E , afin de tenir compte des contraintes du réseau électrique (reflétées par cette courbe de charge TLC du dispositif de recharge électrique T_E).

La batterie électrique BAT est alors rechargée (étape 500) durant une période de temps de charge T_c , incluse dans la période de temps de recharge disponible T_d et débutant à l'instant de début de charge t_{dc} et dont la durée correspond à la durée de charge T_{100} . En d'autres termes, la période de temps de charge T_c peut être définie selon la formule (6) suivante :

$$(6) \quad T_c = [t_{dc}; t_{dc} + T_{100}]$$

Ainsi, la recharge de la batterie électrique BAT se fait en tenant compte des contraintes de l'utilisateur (reflétées par la période de temps de recharge disponible T_d), du réseau électrique (reflétées par la courbe de charge TLC du dispositif de recharge électrique T_E et la valeur de puissance limite P_{lim}) et du véhicule électrique (reflétées
 5 par l'énergie électrique résiduelle E_{in} encore contenue dans la batterie électrique BAT au moment de son branchement sur le dispositif de recharge électrique T_E).

La **figure 4** illustre un mode de réalisation de l'étape 400 de détermination de l'instant de l'instant de début de charge t_{dc} , selon la présente invention.

En particulier, cette détermination comprend le calcul (étape 420), pour chaque instant $t_{pdc}(k)$ (où l'indice k est un nombre entier) d'une pluralité d'instants potentiels de début de charge consécutifs $t_{pdc}(1), \dots, t_{pdc}(n)$ (où l'indice n est un nombre entier supérieur ou égal à 1) inclus dans la période de temps de recharge disponible T_d , d'un
 15 paramètre de charge potentielle A_k dépendant de la différence entre la courbe de charge TLC et le niveau de puissance limite de charge P_{lim} . Ainsi, à chaque instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$ correspond un paramètre de charge potentielle A_k dépendant de la différence entre la courbe de charge TLC et le niveau de puissance limite de charge P_{lim} .

L'instant de début de charge t_{dc} est alors sélectionné (étape 430) comme étant l'instant potentiel de début de charge associé au paramètre $A_{k_{max}}$ de charge potentielle maximale présentant la valeur maximale parmi l'ensemble des paramètres $A_1, \dots, A_n$ de charge potentielle calculés. Ce paramètre $A_{k_{max}}$ de charge potentielle maximale étant associé à l'instant potentiel de début de charge d'indice k_{max} , c'est-à-dire à $t_{pdc}(k_{max})$,
 25 l'instant de début de charge t_{dc} est donc déterminé comme étant l'instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k_{max})$.

Des paramètres de charge A_k sont ainsi d'abord calculés pour une pluralité d'instants potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$, avant de sélectionner ensuite l'instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k_{max})$ correspondant au paramètre de charge maximal
 30 parmi les paramètres de charge A_k calculés.

Pour obtenir ces paramètres de charge A_k , l'étape 420 de calcul est avantageusement mise en œuvre sous la forme d'un calcul itératif comprenant les étapes suivantes, pour un k -ième instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$, en commençant par le premier instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(1)$, lequel peut

correspondre à l'instant t_A de branchement du système de recharge de la batterie électrique sur le dispositif de recharge électrique T_E :

- On calcule (étape 421) le paramètre de charge potentielle A_k associé au k -ième instant potentiel $t_{pdc}(k)$, en fonction de la différence entre la courbe de charge TLC et le niveau de puissance limite de charge P_{lim} ;
- On compare ensuite (étape 423) la durée de l'intervalle de temps $[t_{pdc}(k) ; t_D]$, compris entre le k -ième instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$ et l'instant t_D de fin de période de temps de recharge disponible T_d , avec la durée T_{100} de la période de temps de charge T_c .

Ces étapes sont répétées, pour chaque instant $t_{pdc}(k)$ de la pluralité d'instant potentiels de début de charge consécutifs, dans l'ordre chronologique (c'est-à-dire, en incrémentant l'indice k , dans l'ordre $t_{pdc}(1)$, $t_{pdc}(2)$, etc.) jusqu'à ce que l'étape de comparaison révèle que la durée de l'intervalle de temps $[t_{pdc}(k) ; t_D]$ est inférieure à la durée T_{100} de la période de temps de charge T_c .

La répétition des étapes 421 et 423 est symbolisée, sur la figure 4, par une boucle d'itération avec incrémentation (étape 425) de l'indice k , de valeur initiale égale à 1.

Cette opération revient graphiquement à évaluer une aire comprise entre la valeur de puissance limite P_{lim} et la courbe de charge TLC du dispositif de recharge électrique T_E sur une fenêtre glissante de temps, de largeur correspondant à la durée de charge T_{100} , se déplaçant dans la période de temps de recharge disponible T_d , à partir de l'instant t_A de branchement de la batterie électrique BAT, jusqu'à ce que la fenêtre glissante atteigne la fin de la période de temps de recharge disponible T_d .

L'instant choisi pour démarrer la recharge de la batterie électrique BAT est alors celui qui maximise cette aire au cours du glissement de cette fenêtre glissante de temps sur la période de temps de recharge disponible T_d . On optimise ainsi l'heure de début de la recharge pour que celle-ci se situe principalement à un moment où la courbe de charge du dispositif de recharge électrique T_E est minimale, et suffisamment tôt pour que la batterie soit chargée à un niveau d'énergie souhaité à la fin de la période de recharge disponible T_d .

Dans un mode de réalisation avantageux, l'étape 400 de détermination comprend, préalablement à l'étape 420 de calcul, une étape 410 d'échantillonnage permet de manipuler aisément des données relatives à la courbe de charge TLC et/ou au niveau de puissance limite de charge P_{lim} , notamment de travailler en temps discret, ce qui est plus facilement réalisable notamment avec des moyens informatiques.

En particulier, on procède à l'échantillonnage (étape 411) de la courbe de charge TLC sur la période de temps de recharge disponible T_d , afin d'obtenir un ensemble $\{TLC(i)\}_{1 \leq i \leq n}$ comprenant n valeurs de puissance de courbe de charge $TLC(1), \dots, TLC(i), \dots, TLC(n)$ associées respectivement à n intervalles de temps $\Delta T(1), \dots, \Delta T(i), \dots, \Delta T(n)$ débutant respectivement lors de n instants potentiels de début de charge $t_{pdc}(1), \dots, t_{pdc}(i), \dots, t_{pdc}(n)$ consécutifs appartenant à la période de temps de recharge disponible T_d .

Cet échantillonnage est avantageusement réalisé avec un pas de temps prédéterminé correspondant à une durée d'intervalle de temps de recharge ΔT , une valeur de puissance de courbe de charge $TLC(i)$ étant alors associée à l'indice de temps i désignant le i -ème intervalle de temps $\Delta T(i)$ compris dans la période de temps de recharge disponible T_d .

Dans ce cas, à l'issue de cette phase d'échantillonnage, les intervalles de temps $\Delta T(1), \dots, \Delta T(i), \dots, \Delta T(n)$ consécutifs, débutant respectivement lors de n instants potentiels de début de charge $t_{pdc}(1), \dots, t_{pdc}(i), \dots, t_{pdc}(n)$ consécutifs, et associés respectivement aux valeurs de puissance de courbe de charge $TLC(1), \dots, TLC(i), \dots, TLC(n)$, peuvent aussi être désignées par une succession d'indice de temps $1, \dots, i, \dots, n$, respectant la relation $\Delta T(i) = i * \Delta T$.

Dans ce cas, le k -ième paramètre de charge A_k , associé au k -ième instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$, est égal à la somme des différences respectives, pour chaque intervalle de temps $\Delta T(i)$ d'une pluralité d'intervalles de temps consécutifs $\Delta T(k)$ à $\Delta T(k+k_{100})$ (où l'indice k_{100} est un nombre entier dénombrant le nombre d'intervalles de temps consécutifs au premier intervalle $\Delta T(k)$) débutant lors de l'instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$, entre le niveau de puissance limite P_{lim} et la valeur de puissance de courbe de charge $TLC(i)$ associé audit intervalle de temps $\Delta T(i)$.

En d'autres termes, le paramètre de charge A_k est obtenu selon la formule (7) suivante :

$$(7) \quad A_k = \sum_{k}^{k+k_{100}} P_{lim} - TLC(i)$$

Ce mode de réalisation s'applique particulièrement dans la cas où la valeur de puissance de limite P_{lim} est constante sur la période de temps de recharge disponible T_d .

Dans un autre mode de réalisation où la valeur de puissance de limite P_{lim} n'est pas constante sur la période de temps de recharge disponible T_d , mais est une fonction $P_{lim}(t)$ variable sur cette période T_d , représentée par une courbe de puissance de limite de charge, alors l'étape 410 d'échantillonnage comprend avantageusement, en outre, l'échantillonnage (étape 413) de la courbe de puissance limite de charge $P_{lim}(t)$ sur la période de temps de recharge disponible T_d afin d'obtenir un ensemble de n valeurs de niveau de puissance limite $P_{lim}(1), \dots, P_{lim}(i), \dots, P_{lim}(n)$ associées respectivement aux n intervalles de temps $\Delta T(1), \dots, \Delta T(i), \dots, \Delta T(n)$ débutant respectivement lors des n instants potentiels de début de charge $t_{pdc}(1), \dots, t_{pdc}(i), \dots, t_{pdc}(n)$ consécutifs appartenant à la période de temps de recharge disponible T_d .

Ainsi, dans ce mode de réalisation, à chaque instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(i)$ sont associées, outre un intervalle de temps $\Delta T(i)$ débutant à cet instant, une valeur de niveau de puissance limite $P_{lim}(i)$ et une valeur de puissance de courbe de charge $TLC(i)$.

Dans ce cas, le paramètre de charge A_k associé au k -ième instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$ est égal à la somme des différences respectives, pour chaque intervalle de temps $\Delta T(i)$ de la pluralité d'intervalles de temps consécutifs $\Delta T(k)$ à $\Delta T(k+k_{100})$ débutant lors de l'instant potentiel de début de charge $t_{pdc}(k)$, entre la valeur de niveau de puissance limite $P_{lim}(i)$ et la valeur de puissance de courbe de charge $TLC(i)$ associés audit intervalle de temps $\Delta T(i)$.

En d'autres termes, le paramètre de charge A_k est ici obtenu selon la formule (8) suivante :

$$(8) \quad A_k = \sum_k^{k+k_{100}} P_{lim}(i) - TLC(i)$$

La **figure 5** est un graphique illustrant l'effet positif obtenu au moyen du procédé de recharge optimisée selon la présente invention.

Sur ce graphique sont illustrées, d'une part, la courbe de charge TLC d'un transformateur électrique durant une journée entière, ainsi que la courbe représentant l'évolution temporelle de la puissance limite P_{lim} au-delà de laquelle cette courbe de charge TLC induit des effets délétères.

L'instant d'arrivée t_A de l'utilisateur à 18 heures (i.e. l'instant de branchement d'un véhicule électrique V_E au transformateur) et l'instant de départ t_D de l'utilisateur vers 7

heures (i.e. l'instant de débranchement du véhicule électrique V_E de la borne d'alimentation) sont indiqués, ce qui permet de définir une période de charge disponible T_d équivalent à l'intervalle $[t_A ; t_D]$.

En bas de ce graphique est illustrée, d'autre part, la courbe CRM représentant temporellement la modulation de la puissance de charge appliquée à la batterie électrique BAT.

On voit bien en particulier, sur cette courbe CRM, que la puissance de charge appliquée à la batterie électrique BAT est principalement maximale à des moments où la courbe de charge TLC est minimale, et tout du moins en dessous du niveau de puissance limite P_{lim} . Par ailleurs, la période de charge T_c est une période continue se situant entre 0 et 6 h, ce qui permet d'atteindre un niveau de charge souhaité au moment de l'instant t_D de départ prévu par l'utilisateur.

Enfin, la courbe de charge résultante, désignée par TLC+VE, est illustrée. On voit bien, sur cette courbe de charge résultante, que ce sont principalement les parties minimales de la courbe de charge TLC, situées en dessous du niveau de puissance limite P_{lim} , qui sont rehaussées par la recharge optimisée du véhicule V_E .

Par conséquent, l'augmentation de la courbe de charge induite par la recharge du véhicule V_E se cantonne principalement à des valeurs de charge minimales de la courbe de charge TLC, ce qui limite les effets délétères engendrés pour le transformateur électrique, contrairement à ce qui serait le cas si la recharge était activée de façon permanente durant la période $[t_A ; t_D]$.

Les différentes étapes du procédé de recharge optimisée décrit précédemment peuvent notamment être mises en œuvre par un programme, susceptible d'être exécuté par une unité de traitement d'un système de recharge optimisée, implémentée par exemple sous la forme d'un ordinateur ou d'un processeur de données, ce programme comportant des instructions pour commander l'exécution des étapes d'un procédé tel que mentionné ci-dessus.

En particulier, l'unité de traitement en question peut être située dans le dispositif de recharge optimisée T_E ou dans le système électrique V_E , afin de gérer localement la recharge des véhicules électrique.

L'unité de traitement en question peut aussi être située à distance de ce dispositif de recharge optimisée T_E , dans un système informatique distant appartenant au système de recharge optimisée S_E , afin de gérer de façon centralisée cette recharge, ce qui est approprié dans le cas d'une flotte de grande envergure. Dans ce dernier cas,

des consignes sont communiquées au dispositif de recharge optimisée T_E ou au système électrique V_E via différents réseaux de télécommunication afin de gérer la recharge optimisée.

5 Pour sa part, le programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme d'un code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

10 L'invention vise aussi un support d'informations lisible par un ordinateur ou processeur de données, et comportant des instructions d'un programme tel que mentionné ci-dessus. Ce support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD-ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette ou un disque dur.

15 D'autre part, le support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique, électromagnétique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet. Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du
20 procédé en question.

Le procédé de recharge optimisée de la présente invention trouve une application particulièrement intéressante dans le cadre de la recharge de batteries électrique pour lesquelles des recharges avec pauses/coupures ne sont pas recommandées, ou encore
25 pour certaines technologies de batteries subissant un certain niveau d'effet mémoire, par exemple les batteries de type NiCd ou les batteries de type plomb acide.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation ci-dessus décrits et représentés, à partir desquels on pourra prévoir d'autres modes et d'autres formes de réalisation, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

30 Ainsi, le système électrique a été illustré précédemment sous la forme d'un véhicule électrique. Cependant, le système électrique V_E peut très bien prendre la forme de n'importe quel système électrique ayant des capacités de stockage d'énergie électrique, par exemple un téléphone portable disposant d'une batterie électrique à recharger.

Revendications

1. Procédé de recharge optimisée de la batterie électrique (BAT) d'au moins un système électrique (V_E) par un dispositif de recharge électrique (T_E), dans lequel la
5 batterie électrique est rechargée (500) durant une période de temps de charge (T_c) appartenant à une période de temps de recharge disponible (T_d) initiée par le branchement du système de recharge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique, ladite période de temps de charge débutant à un instant de début de charge (t_{dc}) déterminé (400) en fonction d'une courbe de charge (TLC) associée audit dispositif
10 de recharge électrique, d'un niveau de puissance limite de charge (P_{lim}) et du niveau (E_{in}) d'énergie électrique résiduelle contenue dans la batterie électrique lors du branchement du système de charge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique.

15 2. Procédé de recharge optimisée selon la revendication 1, dans lequel la détermination (400) de l'instant de début de charge (t_{dc}) comprend :

le calcul (420), pour chaque instant ($t_{pdc}(k)$) d'une pluralité d'instant potentiels de début de charge consécutifs, d'un paramètre de charge potentielle (A_k) dépendant de la différence entre la courbe de charge (TLC) et le niveau de puissance limite de charge
20 (P_{lim}) ; et

la sélection (430) de l'instant de début de charge (t_{dc}) correspondant à l'instant potentiel de début de charge ($t_{pdc}(k_{max})$) associé au paramètre (A_{kmax}) de charge de valeur maximale parmi l'ensemble des paramètres de charge potentielle calculés.

25 3. Procédé de recharge optimisée selon la revendication 2, dans lequel le calcul (420) est un calcul itératif comprenant les étapes suivantes, pour un instant potentiel de début de charge ($t_{pdc}(k)$) :

calculer (421) le paramètre de charge potentielle (A_k) associé audit instant potentiel ($t_{pdc}(k)$) en fonction de la différence entre la courbe de charge (TLC) et le
30 niveau de puissance limite de charge (P_{lim}) ; et

comparer (423) la durée de l'intervalle de temps compris entre ledit instant potentiel de début de charge ($t_{pdc}(k)$) et l'instant (t_D) de fin de période de temps de recharge disponible (T_d) avec la durée (T_{100}) de la période de temps de charge (T_c) ;

le calcul itératif (420) étant mis en œuvre pour chaque instant ($t_{pdc}(k)$) de la
35 pluralité d'instant potentiels de début de charge consécutifs, dans l'ordre

chronologique, jusqu'à ce que la durée de l'intervalle de temps compris entre ledit instant potentiel de début de charge ($t_{pdc}(k)$) et l'instant (t_D) de fin de période de temps de recharge disponible (T_d) soit inférieure à la durée (T_{100}) de la période de temps de charge (T_c).

5

4. Procédé de recharge optimisée selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la détermination (400) de l'instant de début de charge (t_{dc}) comprend en outre l'échantillonnage (411) de la courbe de charge (TLC), sur la période de temps de recharge disponible (T_d), afin d'obtenir un ensemble de n valeurs de puissance de courbe de charge ($\{TLC(i)\}_{1 \leq i \leq n}$) associées respectivement à n intervalles de temps ($\{\Delta T(i)\}_{1 \leq i \leq n}$) débutant respectivement lors de n instants potentiels de début de charge ($\{t_{pdc}(i)\}_{1 \leq i \leq n}$) consécutifs ;

le paramètre de charge (A_k) associé à un instant potentiel de début de charge ($t_{pdc}(k)$) étant égal à la somme des différences respectives, pour chaque intervalle de temps ($\Delta T(i)$) d'une pluralité d'intervalles de temps consécutifs débutant lors de l'instant potentiel de début de charge, entre le niveau de puissance limite (P_{lim}) et la valeur de puissance de courbe de charge ($TLC(i)$) associé audit intervalle de temps.

5. Procédé de recharge optimisée selon la revendication 4, dans lequel la détermination (400) comprend en outre l'échantillonnage (413) d'une courbe de puissance limite de charge ($P_{lim}(t)$) sur la période de temps de recharge disponible (T_d) afin d'obtenir un ensemble de n valeurs de niveau de puissance limite ($\{P_{lim}(i)\}_{1 \leq i \leq n}$) associées respectivement aux n intervalles de temps ($\{\Delta T(i)\}_{1 \leq i \leq n}$) débutant respectivement lors des n instants potentiels de début de charge ($\{t_{pdc}(i)\}_{1 \leq i \leq n}$) consécutifs ;

le paramètre de charge (A_k) associé à un instant potentiel de début de charge ($t_{pdc}(k)$) étant égal à la somme des différences respectives, pour chaque intervalle de temps ($\Delta T(i)$) d'une pluralité d'intervalles de temps consécutifs débutant lors de l'instant potentiel de début de charge, entre la valeur de niveau de puissance limite ($P_{lim}(i)$) et la valeur de puissance de courbe de charge ($TLC(i)$) associées audit intervalle de temps.

6. Procédé de recharge optimisée selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la période de temps de recharge disponible (T_d) est déterminée (100) en fonction de l'instant (t_A) de branchement du système de recharge de la batterie électrique (BAT)

au dispositif de recharge électrique (T_E) et d'une indication relative à un instant (t_D) de fin de recharge fournie par l'utilisateur du véhicule électrique.

7. Procédé de recharge optimisée selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la durée (T_{100}) de la période de temps de charge (T_c) est déterminée (200) en fonction du niveau (E_{in}) d'énergie électrique résiduelle contenue dans la batterie électrique lors du branchement du système de charge de la batterie électrique au dispositif de recharge électrique.

8. Procédé de recharge optimisée selon la revendication 7, dans lequel la durée (T_{100}) de la période de temps de charge (T_c) est égale à la différence entre une durée de charge (T_{comp}), correspondant au temps nécessaire pour charger la batterie électrique jusqu'à un niveau d'énergie électrique souhaitée (E), et une durée de charge partielle (T_x), correspondant au temps nécessaire pour charger la batterie électrique jusqu'au niveau d'énergie électrique résiduelle (E_{in}).

9. Procédé de recharge optimisée selon la revendication 8, dans lequel le niveau d'énergie électrique souhaitée (E) est un niveau de charge maximal (E_{max}) de la batterie électrique.

10. Procédé de recharge optimisée selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant une vérification préalable (300) de la période de temps de recharge disponible (T_d) en fonction de la durée (T_{100}) de la période de temps de charge (T_c), la détermination (400) de l'instant de début de charge (t_{dc}) de la batterie électrique n'ayant lieu que si la durée de la période de temps de recharge disponible (T_d) est supérieure à la durée (T_{100}) de la période de temps de charge (T_c).

11. Procédé de recharge optimisée selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel la batterie électrique (BAT) appartient à une catégorie de batteries électriques présentant un certain niveau d'effet de mémoire, en particulier la catégorie des batteries électriques de type NiCd ou de type plomb acide.

12. Programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 11 lorsqu'il est exécuté par une unité de traitement d'un système de recharge électrique.

13. Dispositif de recharge optimisée (T_E) d'au moins un véhicule électrique (V_E), connecté à un réseau d'alimentation électrique (E_{NET}) et comprenant au moins un port de branchement (p_1) apte à être connecté à la batterie électrique (BAT) d'un véhicule électrique (V_E), le dispositif étant configuré pour mettre en œuvre les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 11 suite au branchement de la batterie électrique (BAT) d'un véhicule électrique (V_E) sur le port de branchement du dispositif de recharge optimisée.

14. Système de recharge optimisée (S_E) pour recharger électriquement une flotte composée d'au moins un véhicule électrique (V_E), le système comprenant un réseau d'alimentation électrique (E_{NET}) et au moins un dispositif de recharge électrique (T_E) selon la revendication 13, connecté audit réseau d'alimentation électrique.

15. Système de recharge optimisée (S_E) selon la revendication 14, comprenant en outre un système informatique distant, connecté au dispositif de recharge électrique et comprenant une unité de traitement apte à mettre œuvre les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 11.

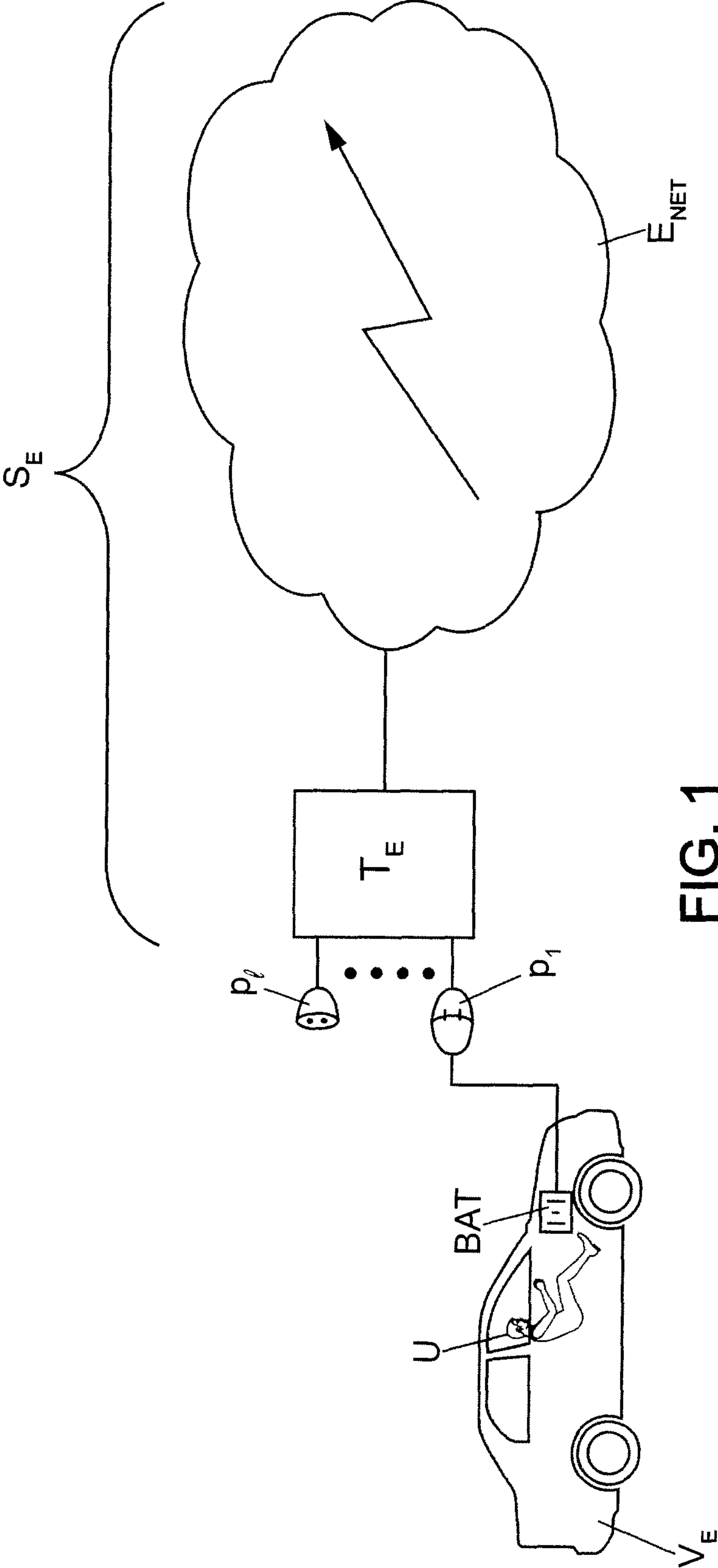


FIG. 1

2/5

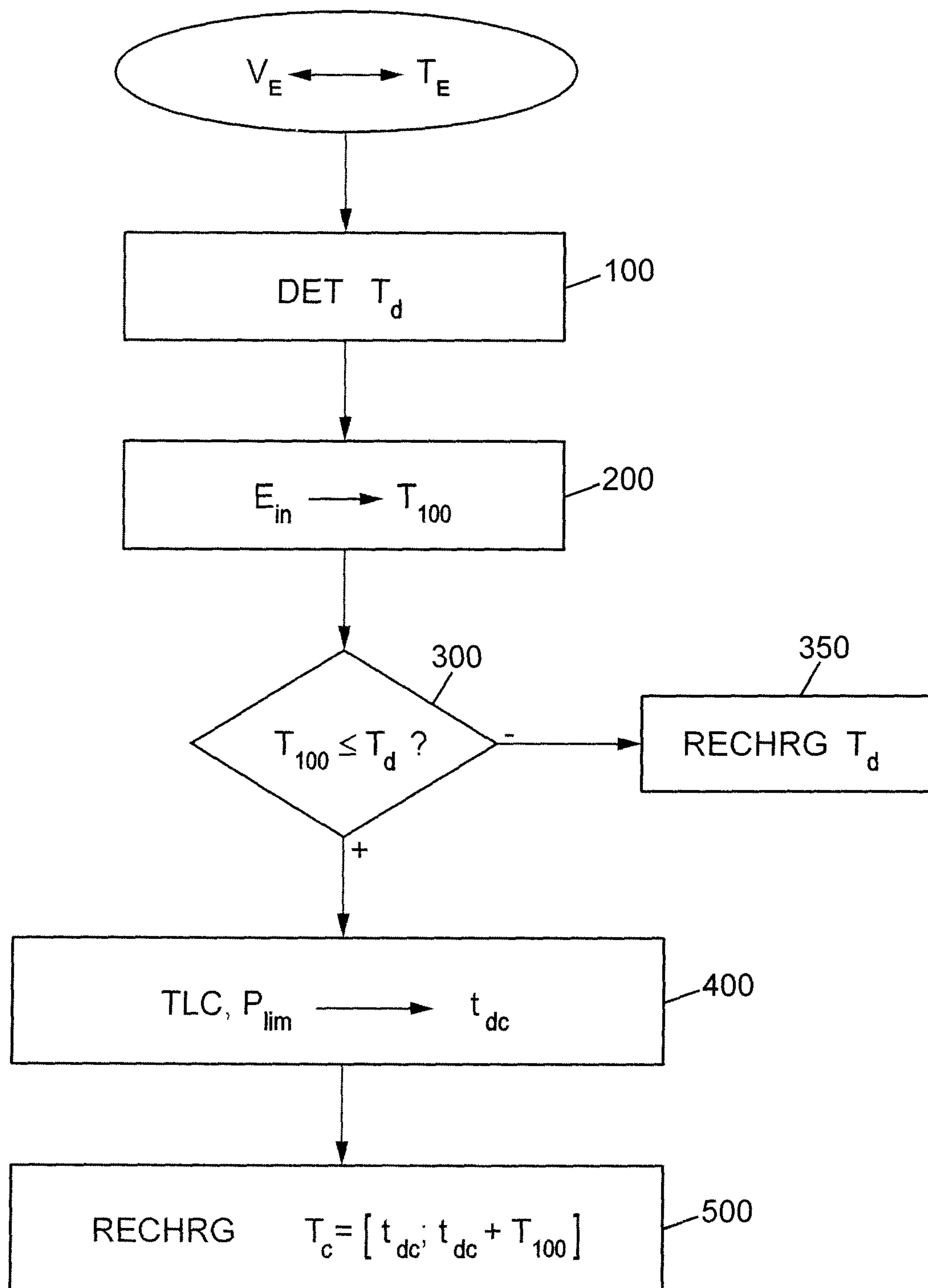


FIG. 2

3/5

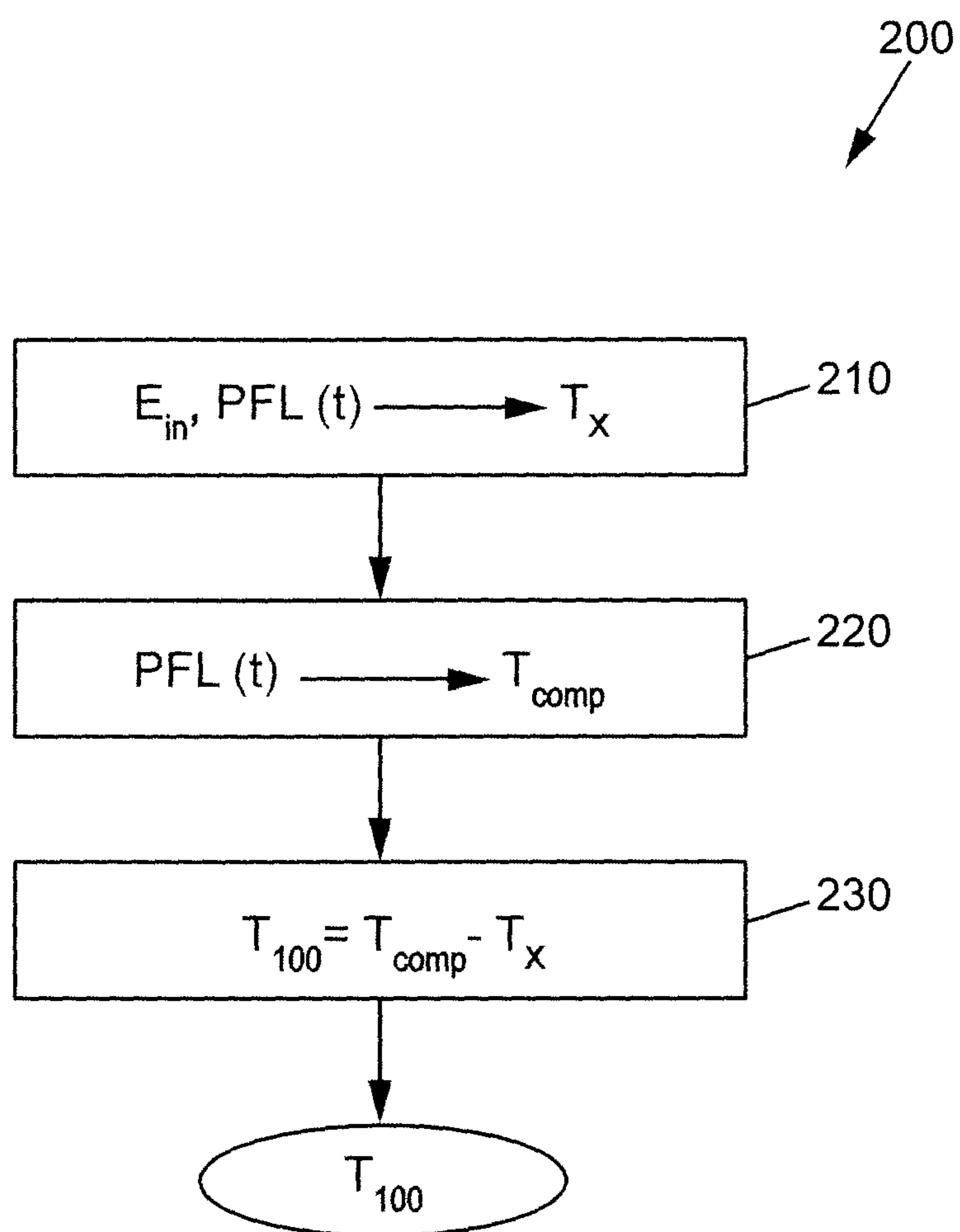


FIG. 3

4/5

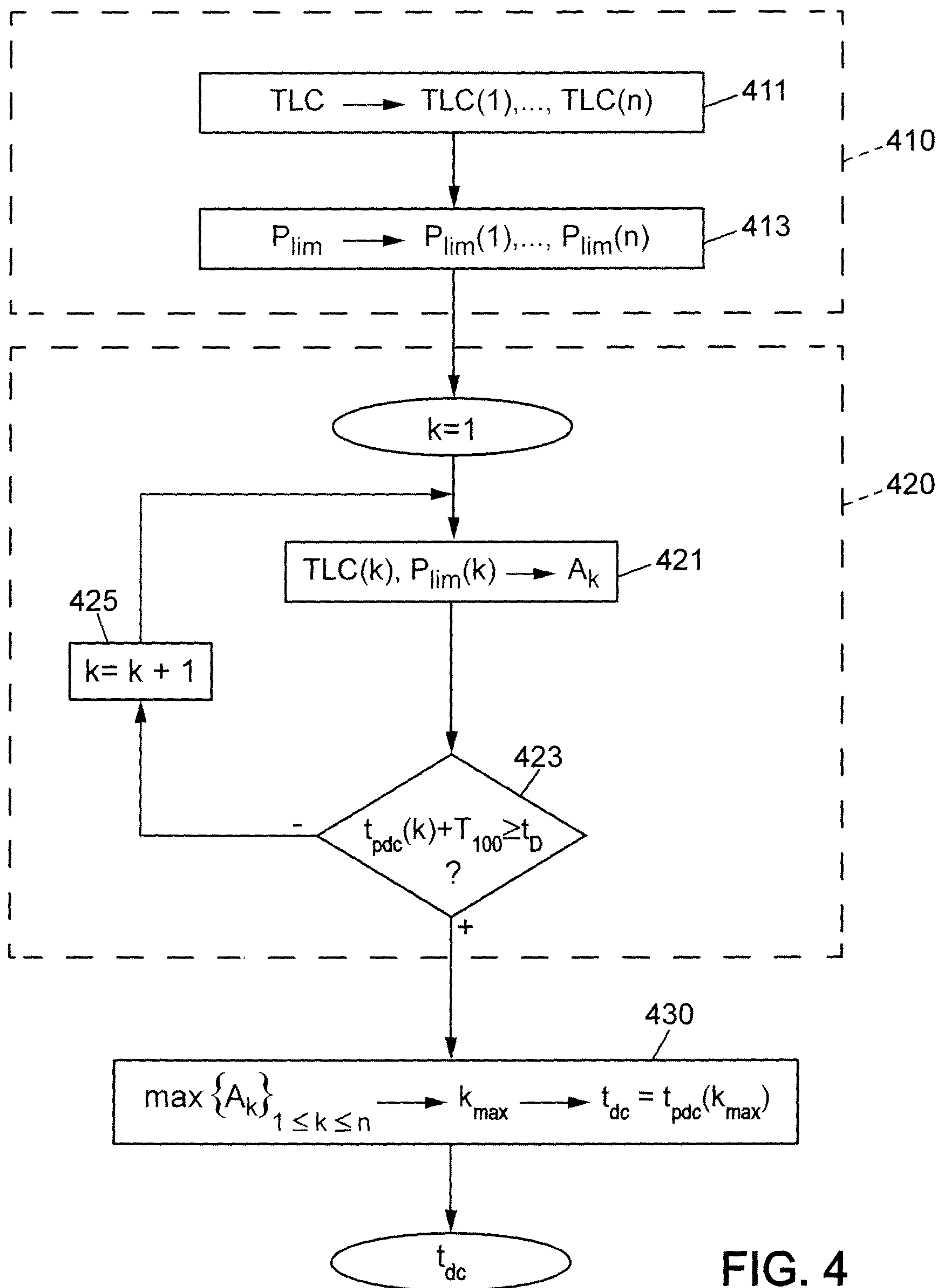


FIG. 4

5/5

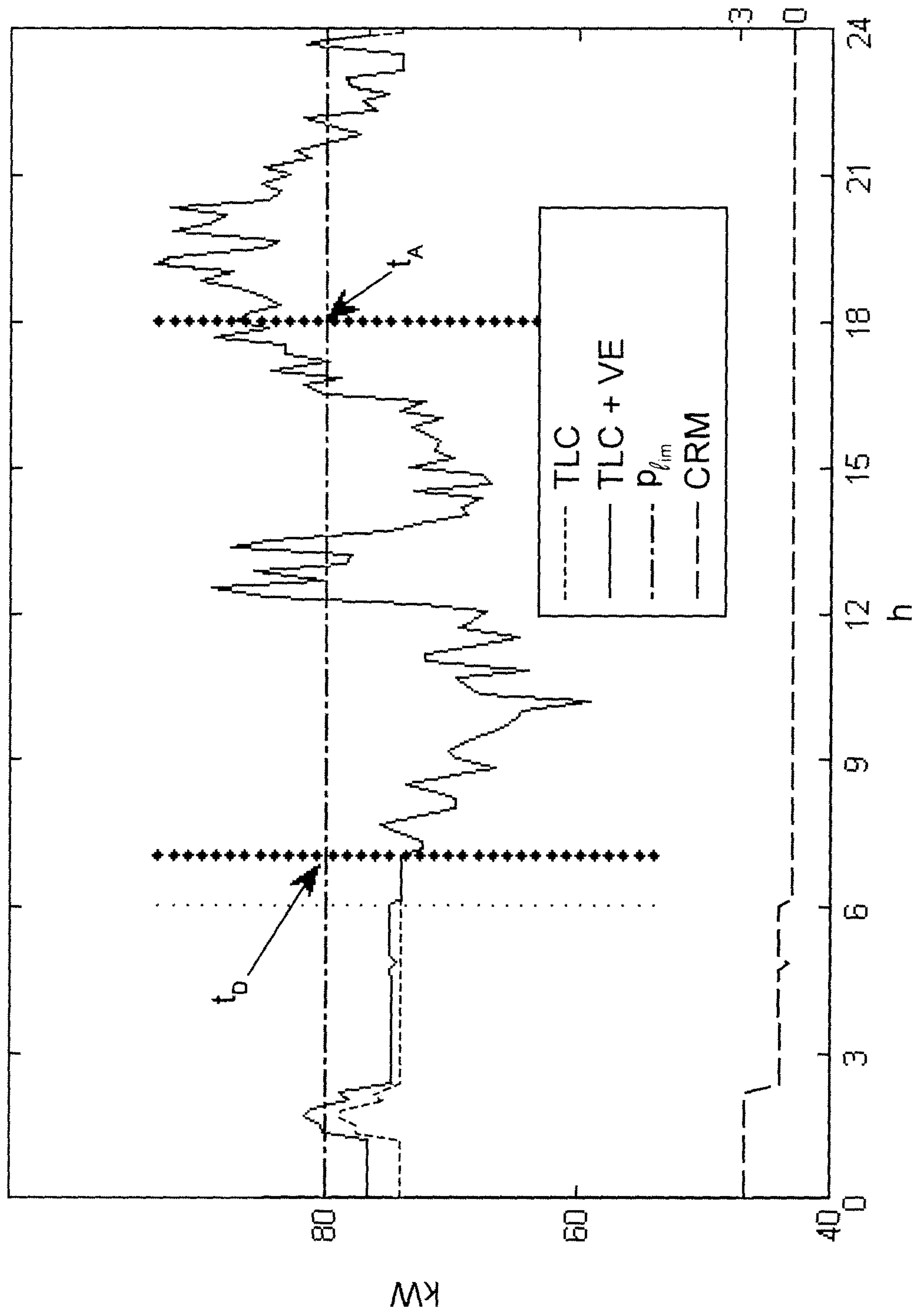


FIG. 5

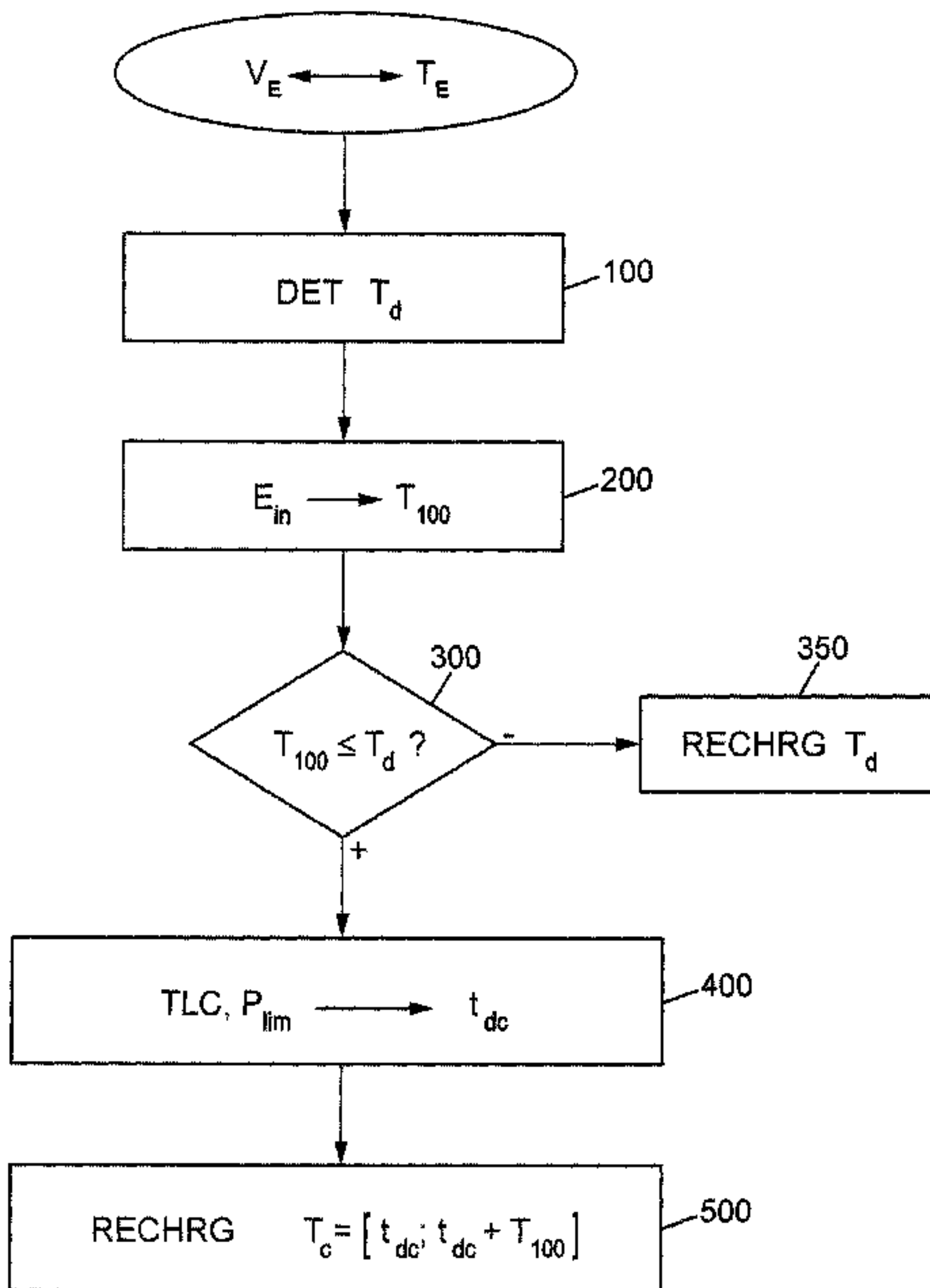


FIG. 2