

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 79 18496

⑮ Nouveau séparateur composite pour condensateurs électrolytiques et condensateur électrolytique comportant un tel séparateur.

⑯ Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 G 9/02.

⑰ Date de dépôt..... 17 juillet 1979.

⑱ ⑳ ㉑ Priorité revendiquée :

㉒ Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 6 du 6-2-1981.

㉓ Déposant : LES CONDENSATEURS SIC SAFCO, société anonyme, résidant en France.

㉔ Invention de : Jean Constanti et Pierre Grandadam.

㉕ Titulaire : *Idem* ㉗

㉖ Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

La présente invention concerne les condensateurs électrolytiques qui comportent, à la manière connue, un isolant ou diélectrique, imprégné par un électrolyte, appelé communément séparateur, entre deux électrodes, savoir une anode et une cathode, notamment les condensateurs électrolytiques formés par des rubans bobinés constituant l'anode, la cathode et le séparateur.

L'invention s'applique particulièrement aux condensateurs électrolytiques utilisés en électrotechnique à des tensions de service supérieures à 250 volts dans diverses applications industrielles soit en régime impulsionnel de charge et décharge comme par exemple dans les soudeuses et les dispositifs d'aimantation, soit en filtrage des courants alternatifs redressés ou des courants non sinusoïdaux comme par exemple dans les alimentations à courant haché, et principalement dans les cas où la puissance mise en jeu nécessite le montage de ces condensateurs en séries parallèles sous forme de batteries.

Un condensateur de ce type est décrit dans le brevet des Etats-Unis n° 3.978.377 au nom de Jean CONSTANTI et cédé à la demanderesse, notamment avec référence à la figure 8.

Dans les applications mentionnées ci-dessus, un condensateur électrolytique est généralement traversé par des courants d'intensité élevée à des fréquences diverses et se trouve soumis à un échauffement proportionnel à la résistance électrique série de ses divers éléments constitutifs : bornes, connexions, soudures, rubans d'anode et de cathode, ruban de séparateur imprégné d'électrolyte. Il doit de plus pouvoir fonctionner dans un large intervalle de températures en conservant des caractéristiques électriques suffisamment stables.

La mesure de l'impédance Z à 100 kHz, qui permet d'obtenir la valeur de la résistance série du condensateur, et les mesures directes de résistance sur les éléments constitutifs séparés montrent que le rôle du séparateur est le

plus important. Par exemple, dans un condensateur de 650 μF à 480 volts comportant une anode de 340 x 9 cm et un séparateur en papier, les résistances internes se répartissent de la manière suivante :

- 5 - 3 m Ω pour les bandes d'anode et de cathode
- 2 m Ω pour les pattes de connexion et les soudures
- 90 m Ω pour le séparateur imprégné d'électrolyte.

Par ailleurs, dans le montage en batterie le volume spécifique v du condensateur exprimé en $\text{cm}^3/\mu\text{F}$ a une influence considérable sur l'encombrement, le poids, le prix; il en est de même de la tension de service V , l'énergie emmagasinée étant fonction de V^2 .

On peut donc définir un coefficient de qualité donné par l'expression $\frac{V^2}{Zv}$.

15 Le but de l'invention est d'augmenter ce coefficient de qualité, par exemple en réduisant l'impédance du séparateur imprégné d'électrolyte (qui constitue l'essentiel de l'impédance totale Z du condensateur figurant dans le coefficient de qualité) pour une tension de service V donnée.

20 L'invention a donc essentiellement pour objet un nouveau séparateur et un condensateur électrolytique comportant un tel séparateur.

Le séparateur classique en la matière est constitué par du papier sous forme de ruban, imprégné d'un électrolyte, 25 comme dans l'exemple précédent.

On a déjà proposé de remplacer un tel séparateur qui a une impédance relativement élevée, ces propositions étant de deux sortes.

D'une part, on a suggéré de réaliser un séparateur intégré à la surface de l'anode et/ou de la cathode, mais on 30 n'a pu former ainsi que des séparateurs relativement minces ne permettant pas un fonctionnement du condensateur en haute tension; en outre de tels séparateurs ne permettent pas un accès facile de l'électrolyte aux électrodes auxquelles ils 35 sont intégrés en raison de la pénétration, dans les trous de la gravure, des résines employées.

D'autre part, on a proposé de substituer au ruban ou bande de papier, ou d'associer à un tel ruban, d'autres rubans, notamment de deux types.

Le premier type correspond à des séparateurs de nature fibreuse obtenus par des modifications imposées au papier absorbant et parmi lesquels on peut citer :

- le papier chargé de carbon black ou de graphite pour diminuer la résistance série, mais la valeur de celle-ci ne descend qu'à $10^7 \Omega$ pour une feuille de $25 \mu\text{m}$, valeur trop élevée par rapport à celle d'un électrolyte haute tension qui est de l'ordre de $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$,
- le papier revêtu par imprégnation d'une couche de méthyl cellulose, ou collé sur un film de cellulose régénérée, mais qui présente une faible porosité et des difficultés d'imprégnation.

Le second type comprend les séparateurs de nature non fibreuse, ne comportant pas de papier, tels que :

- la cellulose régénérée qui fonctionne par plastification dans un solvant de l'électrolyte, mais a l'inconvénient d'une porosité nulle qui freine le mouvement des ions et ne permet pas d'obtenir une faible résistance série,
- la gélatine en feuille, qui présente le même inconvénient que la cellulose régénérée en ce qui concerne la porosité et de plus possède une plus grande fragilité mécanique,
- le polypropylène poreux dont l'emploi a été décrit dans le brevet des Etats-Unis n° 3.908.157 au nom de Sidney D. ROSS, en substitution du papier pour des séparateurs de $25 \mu\text{m}$ d'épaisseur dans des condensateurs basse tension fonctionnant à 20 volts.

On a donc proposé, d'une part, d'adjoindre au papier de la cellulose régénérée ou certains autres matériaux autres que le polypropylène et, d'autre part, de substituer au papier du polypropylène mais uniquement pour des condensateurs basse tension.

L'invention vise à réaliser un séparateur composite présentant une faible résistance série (dans un grand intervalle de températures, par exemple de l'ordre de -55°C à $+105^\circ\text{C}$), permettant de réaliser des condensateurs électrolytiques aptes à fonctionner sous une tension élevée et à stocker une haute quantité d'énergie et ayant un facteur de

qualité $\frac{V^2}{Zv}$ élevé.

Un séparateur selon l'invention est caractérisé par le fait qu'il est constitué par l'association d'au moins une feuille de polypropylène poreux et d'au moins une feuille de papier absorbant imprégné par un électrolyte.

De préférence :

- le polypropylène a une porosité cellulaire ouverte d'au moins 30 % et possède un réseau de capillaires de section inférieure à $0,2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$;

10 - le papier absorbant possède une densité apparente non supérieure à 0,55;

- l'électrolyte comporte dans sa phase solvante au moins un solvant choisi dans le groupe constitué par la butyrolactone et l'éthylène glycol.

15 Un condensateur électrolytique selon l'invention est caractérisé par le fait qu'il comporte un tel séparateur avec de préférence une feuille de polypropylène placée contre l'anode du condensateur.

En effet la demanderesse a constaté avec surprise, 20 d'une part, qu'on pouvait mettre en oeuvre avec une feuille de polypropylène un électrolyte comportant comme solvant de la butyrolactone ou de l'éthylène glycol, alors que le brevet précité n° 3.908.157 ne prévoyait que d'autres types de solvants, et que, d'autre part, il était possible d'associer le 25 polypropylène au papier, ce qui n'était également pas prévu par ce brevet ou d'autres publications antérieures qui ne prévoient que l'association du papier à d'autres types de polymères.

En outre la demanderesse a constaté que l'association 30 de papier et de polypropylène permettait de meilleurs séparateurs, notamment au point de vue facteur de qualité $\frac{V^2}{Zv}$, résistance série et teneur aux hautes tensions, notamment lorsque l'on place une feuille de polypropylène contre l'anode.

35 L'invention pourra, de toute façon, être bien comprise à l'aide du complément de description qui suit, ainsi que des dessins ci-annexés, lesquels complément et dessins sont, bien entendu, donnés surtout à titre d'indication.

Les figures 1 et 2 représentent deux condensateurs électrolytiques mettant en oeuvre les perfectionnements selon l'invention.

Les figures 3, 4 et 5 illustrent, au moyen de courbes comparatives, les caractéristiques des condensateurs dotés des perfectionnements selon l'invention et des condensateurs de la technique antérieure, les fréquences en hertz étant portées en abscisses et les impédances internes étant portées en ordonnées; les trois figures 3, 4 et 5 correspondent à des mesures faites à + 25°C, + 105°C et - 40°C respectivement.

Selon l'invention et plus spécialement selon celui de ses modes d'application, ainsi que selon ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, auxquels il semble qu'il y ait lieu d'accorder la préférence, se proposant, par exemple, de réaliser des séparateurs pour condensateurs électrolytiques et de tels condensateurs, on s'y prend comme suit ou d'une manière analogue.

Référence étant d'abord faite aux figures 1 et 2, on voit qu'un condensateur électrolytique du type avec un bobinage B, illustré à moitié déroulé, doté des perfectionnements selon l'invention, comporte tout d'abord, à la manière connue :

- une anode 1, constituée, dans le mode de réalisation préféré, par une feuille d'aluminium gravé, formée anodiquement à 600 volts et épaisse de 90 microns (μm),
- une patte de connexion 2 pour cette anode,
- une cathode 3, constituée, dans le mode de réalisation préféré, par une feuille d'aluminium gravé et épaisse de 30 μm ,
- une patte de connexion 4 pour cette cathode.

Le séparateur S_2 ou S_3 comporte, conformément à l'invention, au moins deux feuilles, savoir au moins une feuille de papier absorbant imprégné par un électrolyte et au moins une feuille de polypropylène poreux.

Dans le mode de réalisation de la figure 1, le séparateur S_2 est constitué uniquement de deux feuilles, à savoir une feuille 5 de papier absorbant imprégné d'électrolyte et une feuille 6 de polypropylène. De préférence - pour les

raisons qui apparaîtront ci-après - la feuille de papier 5 est disposée contre la cathode 3, tandis que la feuille de polypropylène 6 est disposée contre l'anode 1.

La partie du séparateur symétrique de S_2 comporte une feuille de papier 5' disposée de préférence contre la cathode 3 et une feuille de polypropylène 6' disposée contre l'anode 1.

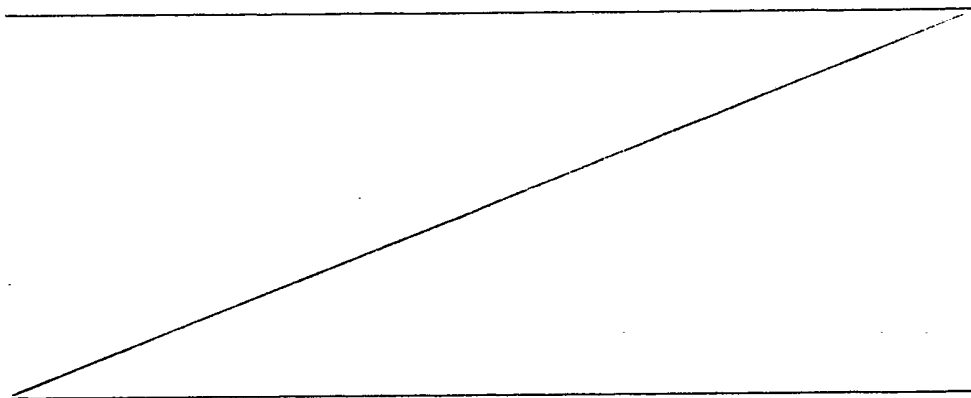
Dans le mode de réalisation de la figure 2, le séparateur S_3 est constitué de trois feuilles, à savoir deux feuilles, de papier 5 et de polypropylène 6, réalisées et disposées comme dans le mode de réalisation de la figure 1 et une troisième feuille intermédiaire 7 disposée entre les feuilles 5 et 6 et réalisée, comme la feuille 5, en papier absorbant imprégné d'électrolyte.

La partie du séparateur symétrique de S_3 comporte une feuille de papier 5' et une feuille de polypropylène 6' réalisées et disposées comme dans le mode de réalisation de la figure 1 et une troisième feuille intermédiaire 7' disposée entre les feuilles 5' et 6'.

Les feuilles 5', 6' et 7' sont réalisées comme les feuilles 5, 6 et 7 respectivement.

Pour établir les avantages des séparateurs selon l'invention par rapport aux séparateurs de la technique antérieure, on a construit une série de condensateurs bobinés comportant tous des anodes et des cathodes 1 et 3 du type décrit ci-dessus et deux ou trois feuilles séparatrices.

Les séparateurs des huit condensateurs ainsi construits ont été réalisés comme indiqué dans le tableau ci-après.



Modèle de séparateur	Epaisseur totale du séparateur	Feuille contre l'anode	Feuille intermédiaire éventuelle	Feuille contre la cathode
I	75	polypropylène poreux 25µm		polypropylène poreux 25µm
II	125	papier d = 0,30 - 75 µm	-	papier d = 0,30 - 50µm
III	125	polypropylène poreux 25µm		papier d = 0,30 - 50µm
IV	125	papier d = 0,30 - 50 µm		polypropylène poreux 25µm
V	125	papier d = 0,30 - 50 µm		papier d = 0,30 - 50µm
VI	175	papier d = 0,30 - 75 µm		papier d = 0,30 - 50µm
VII	175	polypropylène poreux 25µm		papier d = 0,30 - 75µm
VIII	175	papier d = 0,30 - 75 µm		polypropylène poreux 25µm

La figure 3 donne les courbes d'impédance Z en fonction de la fréquence à la température de + 25°C relevées sur les condensateurs suivants :

- 5 Courbe I - Condensateur avec séparateur du modèle I composé de trois feuilles de polypropylène poreux de 25 μm soit au total 75 μm d'épaisseur.
- 10 Courbe II - Condensateur avec séparateur du modèle II composé d'une feuille de papier de 75 μm densité apparente 0,30 placée contre l'anode et d'une feuille de papier d'épaisseur 50 μm densité apparente 0,30 placée contre la cathode soit au total 125 μm d'épaisseur.
- 15 Courbe III - Condensateur avec séparateur du modèle III conforme à l'invention composé de trois feuilles : une feuille de polypropylène poreux de 25 μm d'épaisseur placée contre l'anode et deux feuilles de papier absorbant d'épaisseur 50 μm densité apparente 0,30 placée contre la cathode, soit au total 125 μm d'épaisseur.
- 20 Courbe IV - Condensateur Sic-Safco de 650 μF 480 volts du marché commercial actuel avec séparateur papier de densité apparente 0,50 figurant au tableau XII de la présente description.

25 La figure 4 donne les courbes d'impédance Z en fonction de la fréquence à la température de 105°C pour les mêmes éléments que ceux de la figure 3.

La figure 5 donne les courbes d'impédance Z en fonction de la fréquence à la température de - 40°C pour les mêmes éléments que ceux de la figure 3.

30 On va maintenant donner des indications plus détaillées concernant la structure des séparateurs des modèles I à VIII et exposer les essais effectués.

Les condensateurs utilisés pour établir la comparaison entre les séparateurs I à VIII ont été bobinés avec une anode de 320 x 9 cm en aluminium de titre 99,99 d'épaisseur 90 μm gravé et formé anodiquement à 600 volts et avec une cathode de 30 microns d'épaisseur en aluminium gravé, séparées par les séparateurs de composition indiquée dans ce qui précède et rappelée dans les tableaux ci-après.

Les bobinages obtenus ont été imprégnés avec un électrolyte pour haute tension formulé selon le brevet des Etats-Unis n° 3.638.077 au nom de Bernard CHESNOT et cédé à la demanderesse, puis placés chacun dans un boîtier de condensateur électrolytique classique de filtrage de diamètre 51 mm et hauteur 114 mm.

Tous les condensateurs ainsi fabriqués ont été introduits dans une enceinte chauffée à une température uniforme de 85°C et soumis au cycle de tension continue suivant :

10	170 heures à 250 volts
	200 " à 315 volts
	210 " à 365 volts
	260 " à 420 volts
	240 " à 460 volts
15	1000 " à 500 volts

soit une durée totale de 2080 heures à 85°C.

Les résultats obtenus sont présentés ci-après dans les tableaux I à IX.

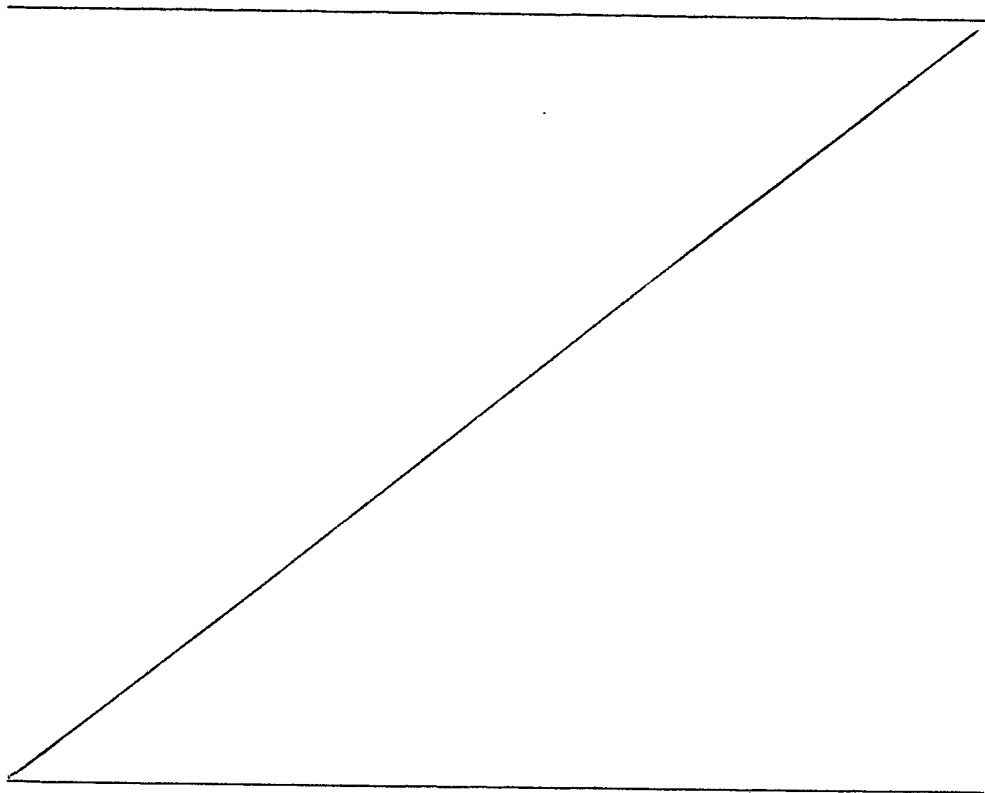


TABLEAU I

Composition du séparateur modèle I :

une feuille de polypropylène poreux de 25 μm sur l'anode
 une " " " " 25 μm sur la cathode
 une " " " " 25 μm intermédiaire

soit au total trois feuilles de 25 μm constituant un séparateur d'épaisseur totale 75 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 2080 h à 85°C				
	C (μF)	tg δ (1)	If (2)	Z10kHz (3)	Z100kHz (4)	C (μF)	tg δ	If Z10kHz	Z100kHz
1	715	1,4	100	29	17	650	3,5	340	38
2	720	1,3	110	28	16	660	3,6	360	38
3	710	1,5	52	29	17	650	3,8	400	39
4	720	1,4	42	29	17	650	3,9	400	38
5	710	1,4	32	29	17	pièce hors service à 1512 h			
6	710	1,4	40	29	17	650	3,6	310	38
7	730	1,4	24	28	16	660	3,8	340	38
valeurs moyennes =	716	1,4	57	28,7	16,7	653,3	3,7	358	38
									21,4

(1) C et tg δ mesurées à 100 Hz(2) If courant de fuite après cinq minutes sous tension 480 Vcc, en μA (3) et (4) impédances en $\text{m}\Omega$

TABLEAU II

Composition du séparateur modèle II :

une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 75 μm sur l'anode
 une " " " 0,30 " 50 μm sur la cathode

soit au total deux feuilles de papier constituant un séparateur d'épaisseur 125 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales			Caractéristiques après 2000 h à 85°C							
	C (μF)	tg δ %	If	Z10kHz	Z100kHz	C (μF)	tg δ %	If	Z10kHz	Z100kHz	
1	700	1,2	22	30	18						pièce hors service à 640 h
2	700	1,2	24	30	18						pièce hors service à 640 h
3	710	1,4	13	30	18						pièce hors service à 880 h
4	700	1,3	10	30	18						pièce hors service à 620 h
5	710	1,3	8	30	18						pièce hors service à 881 h
6	710	1,1	8	30	18						pièce hors service à 756 h
7	705	1,1	8	30	18						pièce hors service à 881 h
valeurs moyennes	705	1,3	13	30	18						

TABLEAU III

Composition du séparateur modèle III :

- une feuille de polypropylène poreux de 25 μm sur l'anode
- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm sur la cathode
- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm intermédiaire

soit au total trois feuilles constituant un séparateur d'épaisseur totale 125 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 2080 h à 85°C					
	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz	Z100KHz	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz	Z100KHz
1	710	1,3	23	30	18	660	2,2	350	42	25
2	700	1,3	20	30	18	650	2,1	460	44	26
3	710	1,4	10	30	18	660	2,1	380	40	24
4	710	1,4	6	31	18	660	2,5	370	43	26
5	710	1,4	13	30	18	650	2,2	450	42	25
6	705	1,5	5	30	18	650	2,2	300	43	26
7	710	1,3	7	32	17	650	2,2	400	42	25
valeurs moyennes	708	1,4	12	30	18	654	2,2	387	42,3	25

TABLEAU IV

Composition du séparateur modèle IV :

- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm sur l'anode
- une feuille de polypropylène poreux épaisseur 25 μm sur la cathode
- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm intermédiaire

soit au total trois feuilles constituant un séparateur totale 125 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 2080 h à 65°C				
	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10kHz	Z100kHz	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10kHz Z100kHz
1	725	1,4	24	30	19	670	1,6	330	42 28
2	730	1,8	11	30	19	pièce	hors service	à 1153 h	
3	725	1,8	12	30	19	670	2,8	350	55 36
4	725	1,8	10	30	19	670	3	270	58 39
5	720	1,5	10	30	19	670	3,1	250	55 36
6	720	1,4	8	30	19	pièce	hors service	à 1129 h	
7	720	1,4	11	30	19	pièce	hors service	à 1116 h	
valeurs moyennes	723	1,6	12	30	19	670	2,6	300	52,5 35

TABLEAU V

Composition du séparateur modèle V :

- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm sur l'anode
- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm sur la cathode
- une feuille de polypropylène poreux épaisseur 25 μm intermédiaire

soit au total trois feuilles constituant un séparateur d'épaisseur totale 125 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 2080 h à 85°C					
	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHZ	Z100KHZ	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHZ	Z100KHZ
1	710	1,3	22	30	18	pièce	hors service	à 1504 h		
2	730	1,3	31	30	18	pièce	hors service	à 1413 h		
3	730	1,4	12	30	18	670	2,7	400	43	26
4	730	1,4	12	30	18	680	2,9	500	56	37
5	700	1,8	14	30	18	650	3	300	59	36
6	710	1,4	10	30	18	660	3	330	58	37
7	730	1,8	14	30	19	680	3,1	280	60	40
valeurs moyennes	720	1,5	16	30	18	668	3	362	55	35

TABLEAU VI

Composition du séparateur modèle VI :

une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 75 μm sur l'anode
 une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm sur la cathode
 une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 50 μm intermédiaire
 soit au total trois feuilles constituant un séparateur d'épaisseur totale 175 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 2000 h à 85°C			
	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz	Z100KHz	C (μF)	tg $\delta\%$	If Z10KHz Z100KHz
1	700	1,4	23	34	23	pièce	hors service à 897 h	Z100KHz
2	710	1,5	13	34	24	pièce	hors service à 675 h	Z100KHz
3	700	1,5	11	34	24	pièce	hors service à 895 h	Z100KHz
4	705	1,4	14	34	24	pièce	hors service à 675 h	Z100KHz
5	710	1,6	10	34	24	pièce	hors service à 897 h	Z100KHz
6	720	1,4	11	33	24	pièce	hors service à 675 h	Z100KHz
7	715	1,5	12	34	24	pièce	hors service à 700 h	Z100KHz
valeurs moyennes	709	1,5	13	34	24			

TABLEAU VII

Composition du séparateur modèle VII :

une feuille de polypropylène poreux épaisseur 25 μm sur l'anode
 une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 75 μm sur la cathode
 une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 75 μm intermédiaire
 soit au total trois feuilles constituant un séparateur d'épaisseur totale 175 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 2080 h à 85°C				
	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz	Z100KHz	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz Z100KHz
1	700	1,4	15	34	24	650	2,5	370	45 30
2	705	1,5	10	35	26	650	2,2	260	45 30
3	705	1,5	10	36	26	650	2,2	270	45 31
4	690	1,5	10	36	26	640	2,3	250	45 32
5	690	1,5	7	36	26	690	2,3	310	45 31
6	700	1,4	10	36	26	640	2,3	300	46 32
7	690	1,6	10	36	26	640	2,4	280	47 32
valeurs moyennes	697	1,5	10	35,5	26	643	2,3	293	45,7 31

TABLEAU VIII

Composition du séparateur modèle VIII :

- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 75 μm sur l'anode
- une feuille de papier de densité 0,30 épaisseur 75 μm sur la cathode
- une feuille de polypropylène poreux d'épaisseur 25 μm intermédiaire

soit au total trois feuilles constituant un séparateur d'épaisseur totale 175 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 2080 h à 85°C				
	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz	Z100KHz	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz Z100KHz
1	705	1,4	25	34	24	pièce	hors service	à 1128 h	
2	720	1,5	15	34	24	pièce	hors service	à 1131 h	
3	730	1,5	10	36	26	pièce	hors service	à 1125 h	
4	720	1,5	12	36	26	pièce	hors service	à 1130 h	
5	730	1,6	12	36	26	680	3,7	350	70 50
6	730	1,8	12	36	26	680	3,6	500	69 51
7	725	1,8	12	34	24	690	3,5	390	66 50
valeurs moyennes	723	1,6	14	35,4	25	683	3,6	413	68 50

Les valeurs moyennes obtenues dans chacun des tableaux de résultats sont regroupées dans le tableau IX ci-après pour faciliter la comparaison :

TABLEAU IX

Séparateur du tableau n°	Epaisseur du sépara- teur en μm	Résistance série du séparateur Ω, cm^2	Caractéristiques initiales			Caractéristiques après 2080 h à 85°C			Nombre de dé- fauts sur 7 pièces				
			C (μF)	tg $\delta\%$	If Z10KHz	Z100KHz	C (μF)	tg $\delta\%$		If Z10KHz	Z100KHz		
I	75	67	716	1,4	57	28,7	16,7	653	3,7	358	38	21,4	1
II	125	74	705	1,3	13	30	18	pièce	hors service				7
III	125	74	708	1,4	12	30	18	654	2,2	387	42,3	25	0
IV	125	80	723	1,6	12	30	19	670	2,6	300	52,5	35	3
V	125	75	720	1,5	16	30	18	668	3	362	55	35	2
VI	175	109	709	1,5	13	34	24	pièce	hors service				7
VII	175	115	697	1,5	10	35	26	643	2,3	293	45,7	31	0
VIII	175	115	723	1,6	14	35	25	663	3,6	413	68	50	4

Discussion

L'électrolyte utilisé pour comparer les condensateurs confectionnés avec les séparateurs des modèles I à VIII a été formulé selon les indications du brevet américain 3.638.077, 5 exemple 1, de manière à obtenir une résistivité de $1365 \Omega \cdot \text{cm}$ à 20°C . Le mélange solvant employé contient 11 moles de butyrolactone et 0,80 mole d'éthylène glycol.

Le brevet américain n° 3.908.157 indique au tableau VIII qu'on n'obtient qu'une porosité électrique très faible avec 10 le polypropylène poreux imprégné par un électrolyte employant comme solvant soit la butyrolactone, soit le glycol.

On a découvert d'une manière surprenante que le polypropylène poreux s'imprégnait bien avec l'électrolyte pour haute tension du brevet américain n° 3.638.077 indiqué ci- 15 dessus et dont la phase solvante est un mélange de ces deux solvants, après 24 heures de séchage des bobinages à 100°C , mise sous vide à 90°C pendant deux heures, imprégnation par l'électrolyte injecté sous vide à 90°C et maintien à cette température sous immersion pendant 15 heures après retour à 20 la pression atmosphérique.

En effet, les condensateurs du tableau I qui contiennent un séparateur à trois feuilles de polypropylène poreux ont des caractéristiques initiales très bonnes avec une moyenne de pertes diélectriques de 1,4 % et une valeur moyenne 25 d'impédance mesurée à 100 kHz de $16,7 \text{ m}\Omega$ de laquelle on déduit que la porosité électrique obtenue est $\% P = 25$. Cette valeur est supérieure à presque toutes celles indiquées au tableau VIII du brevet américain n° 3.908.157.

La comparaison des résultats de l'essai de durée de vie 30 contenus dans les tableaux qui précèdent permet de tirer les conclusions suivantes :

- les condensateurs à séparateur en papier d'épaisseur $125 \mu\text{m}$ du tableau II et d'épaisseur $175 \mu\text{m}$ du tableau VI ont été tous détruits tandis que ceux qui contiennent une feuille 35 de polypropylène poreux dans le séparateur pour une épaisseur totale identique ont résisté partiellement (tableaux IV, V, VIII) ou totalement (tableaux III et VII);

- les tableaux III et VII montrent de manière surprenante et imprévisible que les condensateurs ayant une feuille de

polypropylène poreux placée contre l'anode ont résisté à l'essai sans présenter de défaut aussi bien en épaisseur totale de 125 μm que de 175 μm ;

- les condensateurs qui ont une feuille de papier placée 5 contre l'anode (tableaux IV, V et VIII) présentent des dérivées beaucoup plus élevées en pertes diélectriques ($\text{tg } \delta\%$) et en impédance mesurée à 10 et 100 kHz que ceux dans lesquels on a placé une feuille de polypropylène poreux contre l'anode (tableaux III et VII).

10 Le tableau I montre que le séparateur réalisé avec trois feuilles de polypropylène poreux présente un défaut et qu'il faudrait ajouter au moins une quatrième feuille pour résister à l'essai, mais ceci ne présente pas d'intérêt. En effet, la résistance série de ce séparateur à trois feuilles est 15 de 67,4 $\Omega\cdot\text{cm}^2$ et avec quatre feuilles elle passerait à 92 Ω/cm^2 , tandis que le séparateur modèle III (tableau III) a bien fonctionné sans défaut alors que sa résistance série est de 74,8 $\Omega\cdot\text{cm}^2$ et de plus il a donné une évolution plus faible des pertes diélectriques.

20 Le tableau IX résume ces comparaisons sur les valeurs moyennes des caractéristiques indiquées dans les tableaux I à VIII et donne dans la colonne 3 la valeur de la résistance série de chaque séparateur en $\Omega\cdot\text{cm}^2$. L'examen de ces valeurs en fonction du nombre des défauts indiqués dans la colonne 25 14 montre que celui-ci ne dépend pas de cette résistance série. Cependant, il est intéressant de savoir si l'influence de la position de la feuille de polypropylène poreux est transposable à des séparateurs de résistance série beaucoup plus élevée.

30 Dans ce but une deuxième série de condensateurs a été fabriquée avec une anode de 380 x 9 cm en aluminium de titre 99,99 d'épaisseur 90 μm gravé et formée anodiquement à 600 volts identique à celle utilisée dans les condensateurs précédents, et avec une cathode de 30 μm d'épaisseur en alu- 35 minium gravé, séparées par les séparateurs décrits dans les tableaux X et XI qui suivent.

Les bobinages ainsi obtenus ont été imprégnés par le même électrolyte que les condensateurs des tableaux I à VIII et montés dans des boîtiers analogues de diamètre 51 mm et

hauteur 114 mm.

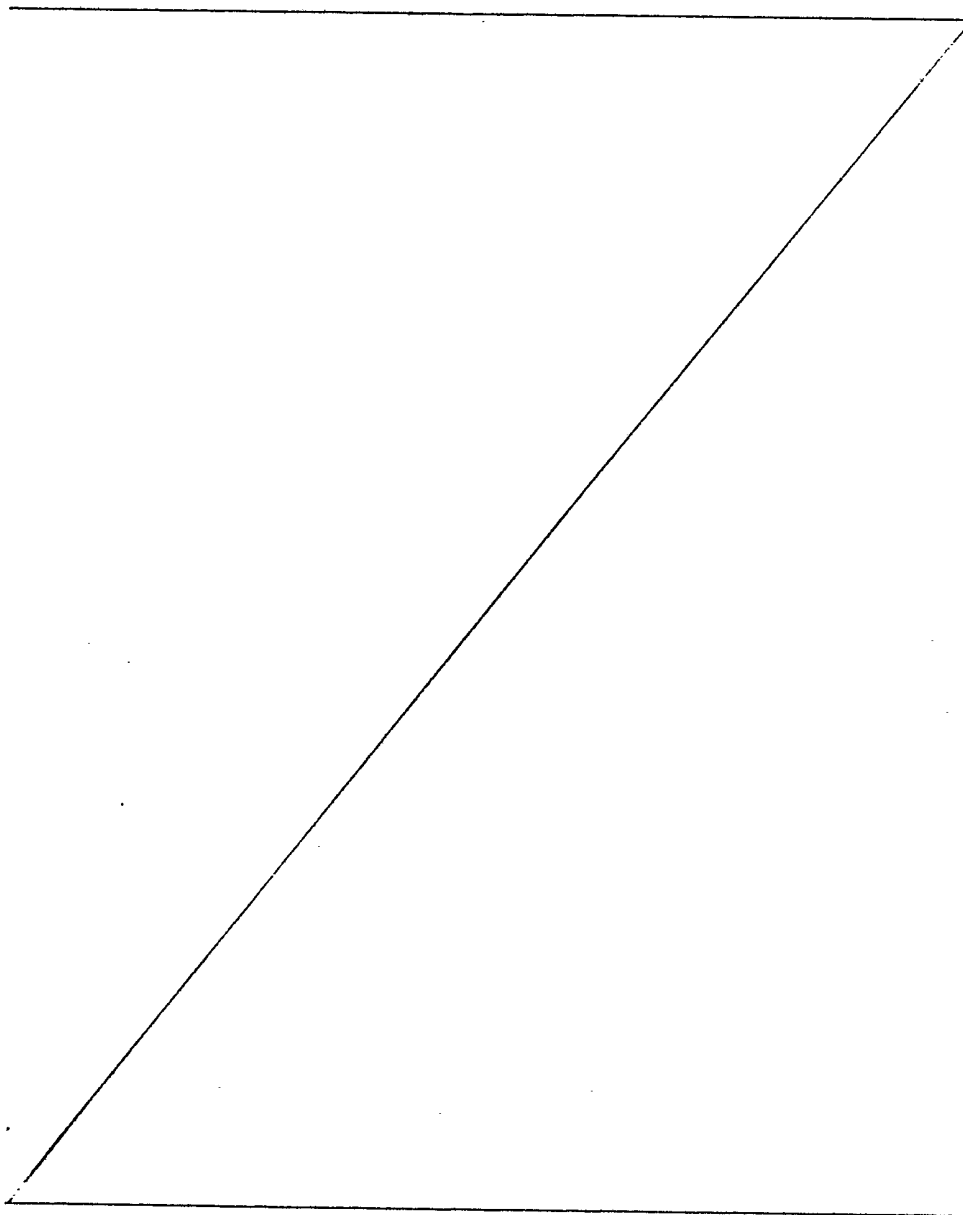
Cette deuxième série de condensateurs a été introduite dans l'enceinte chauffée à une température uniforme de 85°C et soumise au cycle de tension continue suivant :

5 1000 heures à 500 volts

 960 heures à 525 volts

soit une durée totale de 1960 heures à 85°C.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux X et XI ci-après :



TABEAU X

Composition du séparateur :

- une feuille de papier de densité 0,55 épaisseur 50 µm sur l'anode
- une feuille de polypropylène poreux d'épaisseur 25 µm sur la cathode
- une feuille de papier de densité 0,55 épaisseur 50 µm intermédiaire

soit au total trois feuilles constituant un séparateur d'épaisseur totale 125 µm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 1560 h à 85°C					
	C (µF)	tg δ%	If	Z10kHz	Z100kHz	C (µF)	tg δ%	If	Z10kHz	Z100kHz
1	600	4,6	600	112	72	520	6,5	160	155	86
2	605	4,5	580	108	68	520	6,7	170	150	100
3	600	4,6	650	108	67	520	6,7	150	150	99
4	615	4,7	500	105	68	pièce hors service à 1432 h				
valeurs moyennes	605	4,6		108	69	520	6,6		152	95

TABLEAU XI

Composition du séparateur :

une feuille de polypropylène poreux d'épaisseur 25 μm sur l'arête
 une feuille de papier de densité 0,55 épaisseur 50 μm sur la cathode
 une feuille de papier de densité 0,55 épaisseur 50 μm intermédiaire

soit au total trois feuilles constituant un séparateur d'épaisseur totale 175 μm

Condensateur n°	Caractéristiques initiales				Caractéristiques après 1960 h à 85°C					
	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz	Z100KHz	C (μF)	tg $\delta\%$	If	Z10KHz	Z100KHz
1	610	5,1	600	110	70	520	6,8	200	155	96
2	605	4,8	700	110	68	490	4,8	370	145	88
3	610	4,8	1900	110	72	500	4,7	340	150	92
4	615	4,8	1900	110	72	500	4,8	220	135	88
valeurs moyennes	610	4,9		110	70	502	5,2		146	89

La valeur moyenne de la résistance série du séparateur des condensateurs du tableau X est de 420 $\Omega \cdot \text{cm}^2$ et celle des condensateurs du tableau XI de 426 $\Omega \cdot \text{cm}^2$

La comparaison des tableaux X et XI permet de constater que :

- les condensateurs ayant une feuille de polypropylène poreux placée contre l'anode (tableau XI) ont résisté à 5 l'essai sans présenter de défaut;
 - les condensateurs qui ont une feuille de papier placée contre l'anode (tableau X) ont été partiellement détruits et présentent des dérives plus élevées en pertes diélectrique (tg δ %) et en impédance mesurée à 10 et 100 kHz.
- 10 L'influence de la position du film plastique poreux dans le séparateur composite est donc transposable aux séparateurs de résistance série élevée.

Les scintillations qui se produisent en certains points de la couche anodique sont le siège de dégagements gazeux. 15 Le papier en contact avec la feuille d'anode permet à ces gaz de progresser dans l'épaisseur du séparateur en y expulsant l'électrolyte et d'y provoquer un claquage.

En effet, le papier de densité 0,30 a une porosité cellulaire de 80 % avec des pores dont la section varie d'environ 20 $0,008 \cdot 10^{-4}$ à $3,2 \cdot 10^{-4}$ cm². Ces pores établissent une pression capillaire faible d'environ 10 à 175 g/cm² pour un liquide tel que le glycol, par exemple. Pour une feuille de plastique poreuse en contact avec la feuille anode telle que par exemple le polypropylène poreux utilisé dans ce qui pré- 25 cède, les gaz provenant des régénérations de la couche anodique ne peuvent plus se développer dans l'épaisseur du séparateur mais sont laminés et contraints de diffuser dans les interstices compris entre la surface de l'anode gravée et la feuille plastique. En effet, dans le polypropylène 30 poreux la porosité cellulaire qui est de 35 à 50 % est faite avec des pores dont la section varie d'environ $0,0045 \cdot 10^{-8}$ cm² à $0,160 \cdot 10^{-8}$ cm² et la pression capillaire d'un liquide tel que le glycol contenu dans ces pores est de l'ordre de 4 à 20 kg/cm², de sorte que la feuille de plastique poreuse 35 imprégnée forme une barrière étanche aux gaz sachant que la pression de diffusion des gaz entre les feuilles est de l'ordre de 1 kg/cm².

Pour que le séparateur composite permette l'améliora-

tion de la tenue à la tension, la feuille de plastique poreuse doit avoir une porosité cellulaire supérieure à 30 % et des pores dont la section soit inférieure à $0,2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$.

Le séparateur composite de l'invention apporte une amélioration considérable du facteur de qualité défini par l'expression $\frac{V^2}{ZV}$. Une comparaison a été établie entre des condensateurs de 480 volts du marché commercial actuel, venant de trois fabricants différents repérés 1, 2 et 3 et un condensateur fabriqué avec le séparateur du modèle III décrit dans ce qui précède. Les mesures pour être les plus exactes ont été effectuées sur les bobinages extraits des boîtiers de ces condensateurs.

Le tableau XII ci-après donne les résultats de cette comparaison.

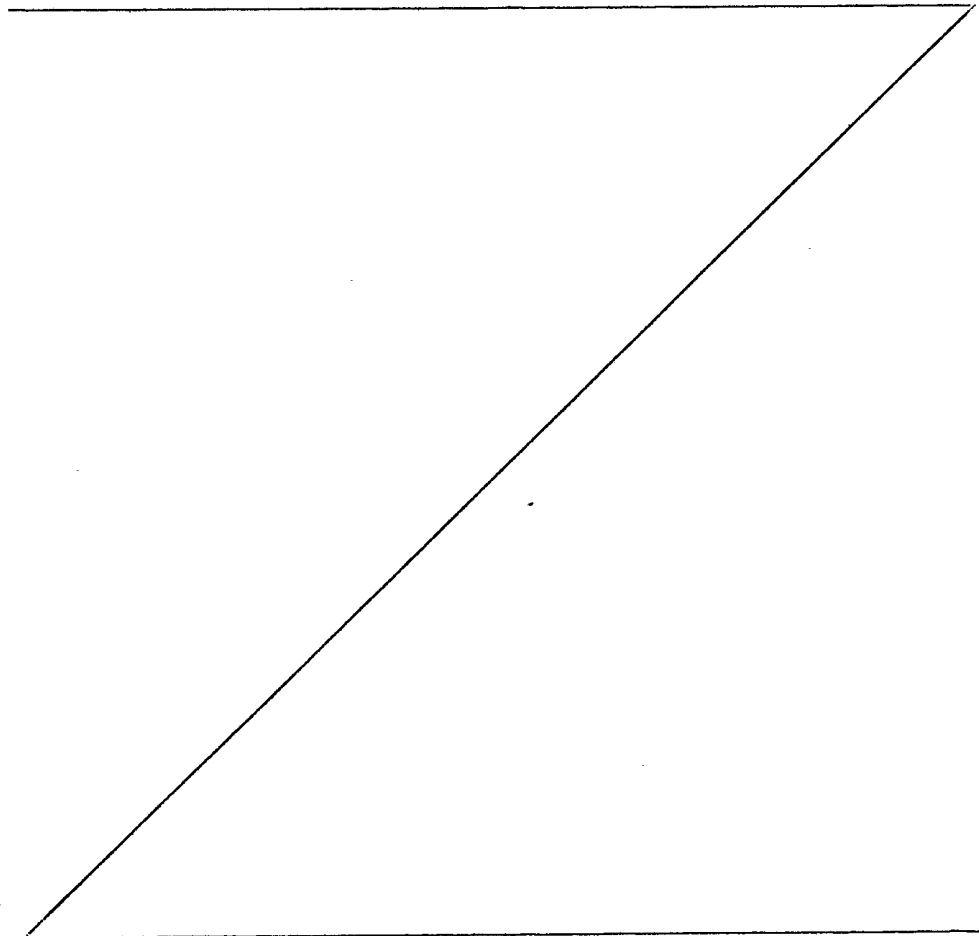


TABLEAU XII . Facteur de qualité $\frac{V^2}{Zv}$

Fabricant	Diamètre de broche cm	Diamètre de la bobine cm	Hauteur de la bobine cm	Volume de la bobine cm ³	C (µF)	v	Z	V	$\frac{V^2}{Zv}$
n° 1	0,5	3,8	11,9	132,6	400	0,331	0,081	480	$8,6 \cdot 10^6$
n° 2	0,5	3	11,9	82	290	0,282	0,097	480	$8,4 \cdot 10^6$
n° 3	1	4,9	10	180	772	0,234	0,095	480	$10,4 \cdot 10^6$
séparateur modèle III	1	4,4	10,2	147	708	0,207	0,018	480	$61,8 \cdot 10^6$

V = tension de fonctionnement du condensateur en volts

Z = impédance du condensateur à 100 kHz en ohms

v = volume spécifique en cm³/µF

Dans ce tableau, le séparateur modèle III est comparé aux autres bobinages à 480 volts pour la facilité, mais il peut fonctionner à 500 volts, comme les résultats décrits dans ce qui précède l'ont montré.

Il est bien connu que la résistivité des électrolytes et la densité apparente du papier séparateur doivent être réglées par valeurs croissantes au fur et à mesure que la tension de service des condensateurs s'accroît, de manière
5 que la résistance série du séparateur imprégné augmente en fonction de cette tension de service.

Il est donc remarquable de constater que le séparateur composite selon l'invention comportant, en combinaison, au moins une feuille de polypropylène poreux et au moins une
10 feuille de papier absorbant à faible densité apparente permet simultanément un abaissement considérable de la résistance série et une meilleure tenue à la tension.

Pour les diverses applications des condensateurs électrolytiques, notamment pour celles citées dans le préambule, on
15 peut réaliser des condensateurs avec une impédance de 18 à 25 m Ω (au lieu de 80 à 100 m Ω pour les condensateurs de la technique actuelle) utilisables avec des intensités alternatives deux à trois fois supérieures à celles mises en oeuvre avec les condensateurs de la technique actuelle, grâce aux
20 séparateurs selon l'invention.

Le condensateur fabriqué avec le séparateur modèle III de l'invention apporte une amélioration du facteur de qualité de l'ordre de six fois.

L'invention n'est pas limitée à la formulation d'électrolyte indiquée dans ce qui précède. Des résultats analogues
25 peuvent être obtenus avec un électrolyte composé de 11 moles de glycol, 1,5 mole de butyrolactone, 7 moles d'acide borique et 1,4 mole d'ammoniac, mais avec des valeurs d'impédance plus élevées.

30 La figure 3, qui donne à la température de 25°C la comparaison des courbes d'impédance dans la bande de fréquence allant de 10² à 3.10⁵ Hz relevées sur des condensateurs munis respectivement du séparateur de modèle I à trois feuilles de polypropylène poreux d'épaisseur totale 75 μm (courbe
35 I), du séparateur de modèle II à deux feuilles de papier absorbant d'épaisseur totale 125 μm (courbe II) et du séparateur composite modèle III à feuille de polypropylène poreux et deux feuilles de papier d'épaisseur totale 125 μm (courbe III), montre que les différences entre les trois modèles

sont faibles, et cependant seul le modèle III a résisté aux essais de durée de vie à 85°C sous 500 volts et pas les autres. La courbe IV, relevée sur un condensateur de 650 µF 480 V du commerce, illustre le gain obtenu grâce au séparateur composite selon l'invention. La figure 4, qui établit la même comparaison à la température de 105°C entre les mêmes éléments, et la figure 5, correspondant à la température de - 40°C, appellent les mêmes observations que la figure 3.

10 Il résulte de ce qui précède que l'invention permet de réaliser, d'une manière inattendue, un séparateur composite pour condensateurs électrolytiques présentant une résistance série Z réduite, tout en permettant l'application d'une tension de service élevée V, c'est-à-dire en définitive un
15 coefficient de qualité $\frac{V^2}{Zv}$ élevé (en appelant v le volume spécifique du condensateur).

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été
20 plus spécialement envisagés; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDEICATIONS

1. Séparateur pour condensateur électrolytique, caracté-
risé par le fait qu'il est constitué par l'association d'au
moins une feuille de polypropylène poreux et d'au moins une
5 feuille de papier absorbant imprégné par un électrolyte.
2. Séparateur selon la revendication 1, caractérisé par
le fait que le polypropylène a une porosité cellulaire ou-
verte d'au moins 30 % et possède un réseau de capillaires de
section inférieure à $0,2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2$.
- 10 3. Séparateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé
par le fait que le papier absorbant possède une densité ap-
parente non supérieure à 0,55.
4. Séparateur selon l'une quelconque des revendications
précédentes, caractérisé par le fait que l'électrolyte com-
15 porte dans sa phase solvante au moins un solvant choisi dans
le groupe constitué par la butyrolactone et l'éthylène
glycol.
5. Condensateur électrolytique, caractérisé par le fait
qu'il comporte entre une anode et une cathode un séparateur
20 selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.
6. Condensateur électrolytique selon la revendication 5,
caractérisé par le fait que la feuille du séparateur dispo-
sée contre l'anode est une feuille de polypropylène.
7. Condensateur électrolytique selon la revendication 5
25 ou 6, caractérisé par le fait que la feuille du séparateur
disposée contre la cathode est une feuille de papier absor-
bant imprégnée par un électrolyte.

Fig.1.

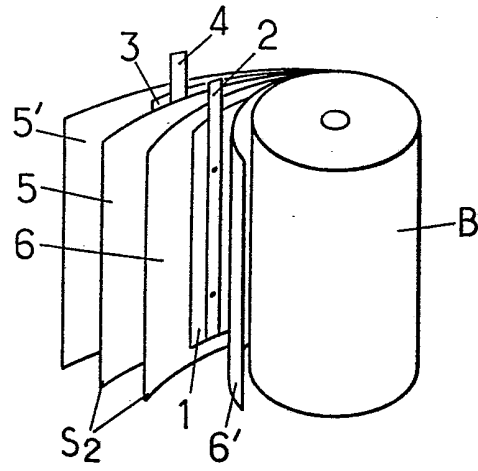


Fig.2.

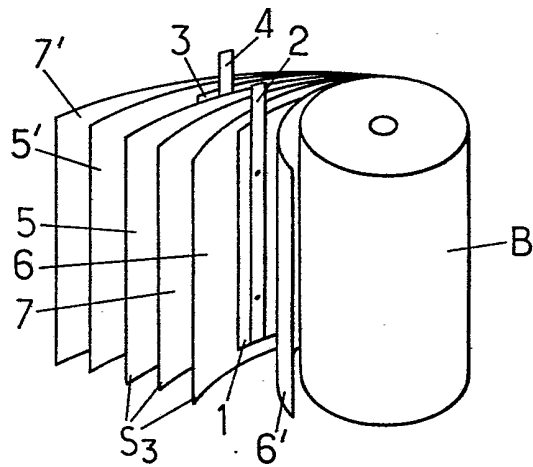


Fig.3.

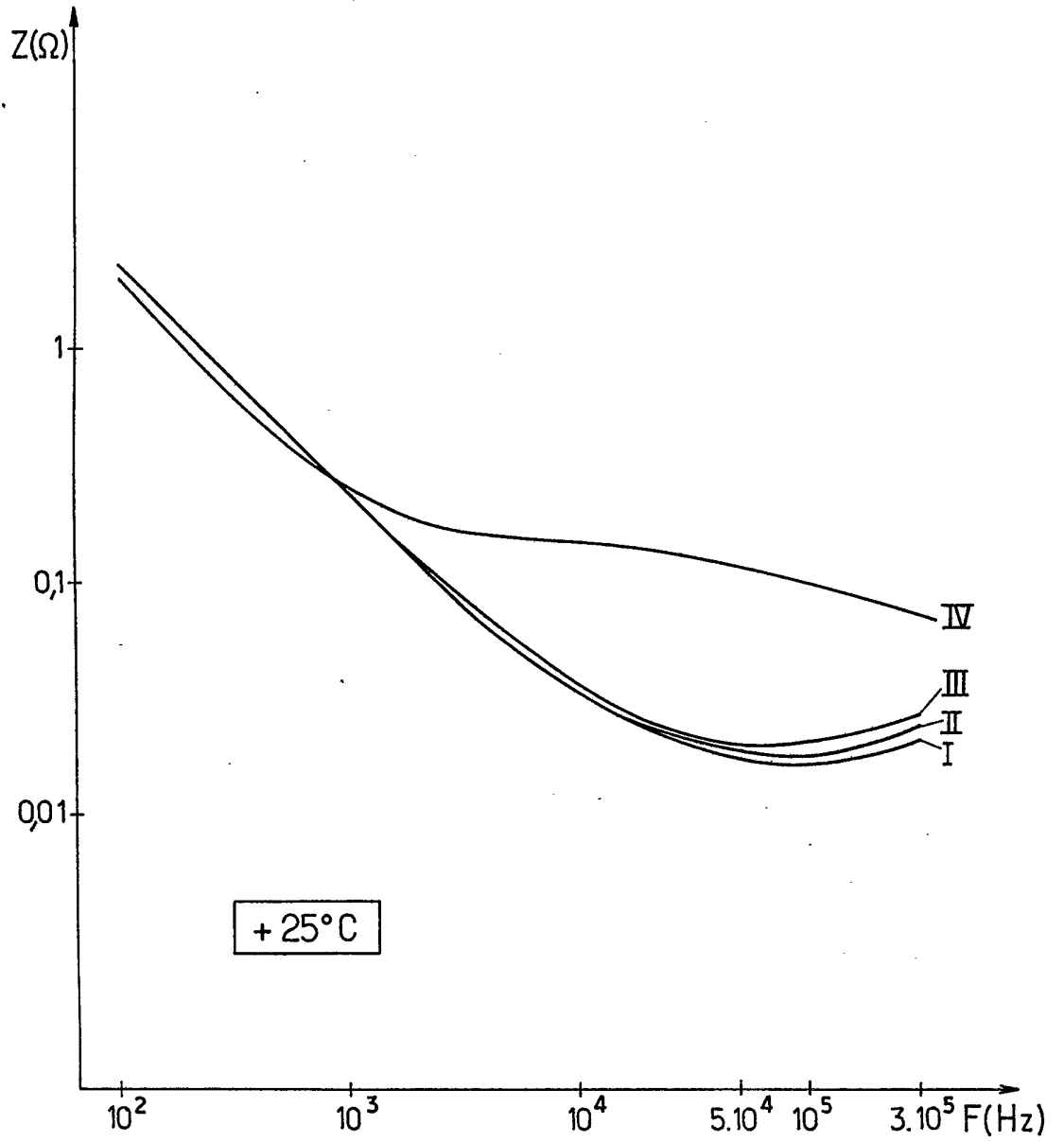


Fig.4.

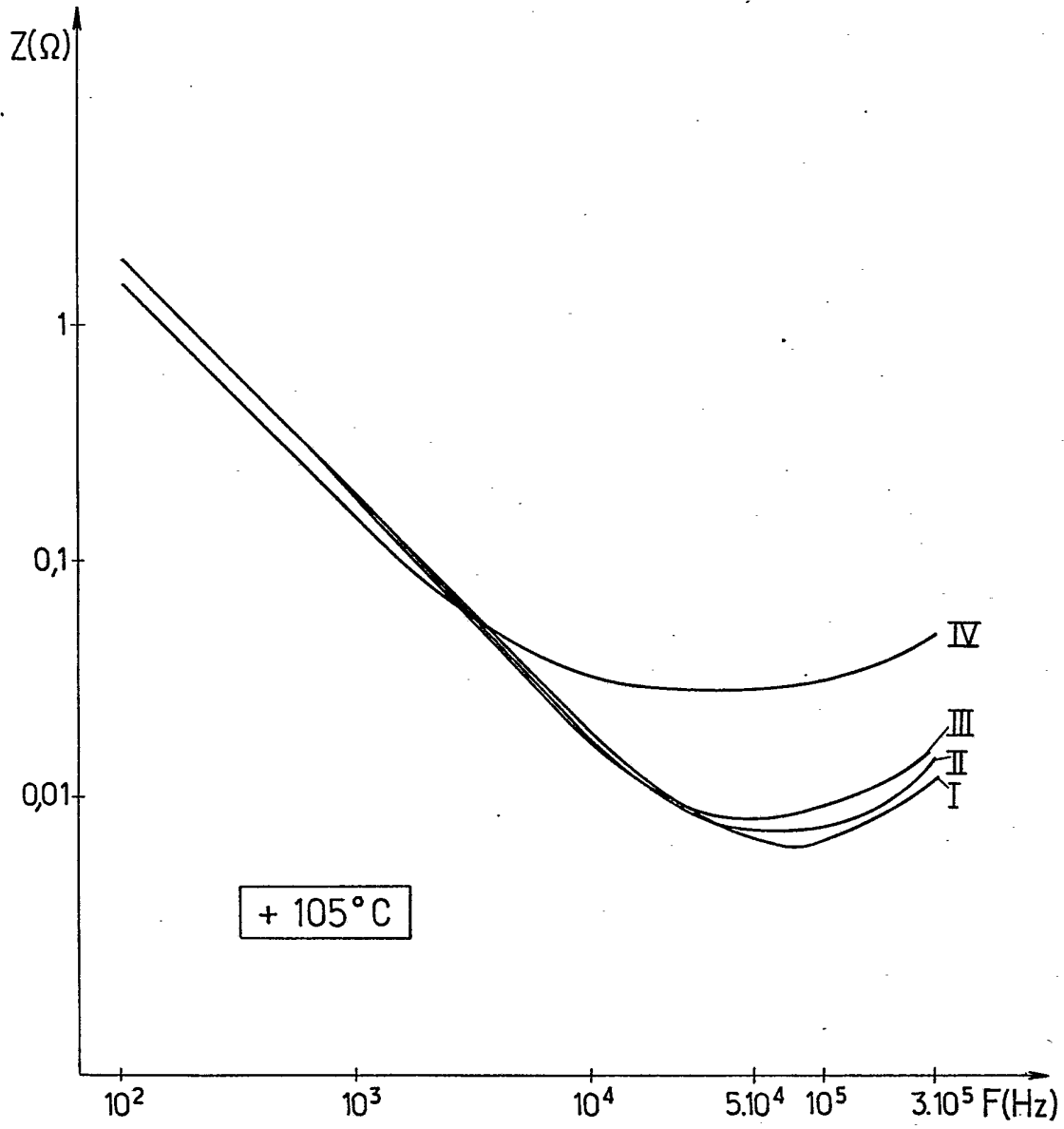


Fig. 5.

