

## Notas Internas da EDF

Referem-se os últimos documentos publicados pela EDF (Electricité de France) na sua "Coleção de Notas Internas da Direção de Estudos e Investigação".

### □ Material Eléctrico, Transporte e Distribuição de Energia

M. Doquet, J. L. Boussin, G. Derousseaux, *CALIFE: un outil d'estimation de la qualité sur réseaux de repartition*, 22 pag. (92 NIR 0016).

J. Marquet, *CREUTENSI: logiciel pour la détermination de la profondeur, de la durée et du nombre des creux de tension sur les réseaux moyenne tension*, 10 pag. (93 NR 00001).

P. Messager, P. Turpin, *Approche méthodologique d'aide à la décision pour l'entretien et le renouvellement des réseaux EDF*, 14 pag. (93NR00002).

### □ Matemáticas, Informática, Telecomunicações

S. Phan, *Les langages synchrones et la programmation des systèmes reactifs. Document de synthese*, 30 pag. (92NIJ0007).

J. L. Vuldy, F. Papy, *Analyse pertinente de textes électroniques (A.P.T.E.). Les etapes de l'hipertextualisation automatique*, 13 pag. (92NIJ00008).

B. Traverson, *Le traitement transactionnel distribué et le mode client/serveur dans l'OSI*, 29 pag. (92NJ00009).

B. Traverson, *Le modele client-serveur dans les systèmes heterogènes et repartis: pincipes, normes et fiabilisation*, 24 pag. (93NJ00001).

J. L. Dormoy, F. Cherriaux, J. Ancelin, *Des modèles au temps réel: le système KSE de traitement des alarmes nucleaires*, 14 pag. (93NJ00002).

Hermínio Duarte-Ramos

Prof. Dr. Eng. Electrotécnico (FCT/UNL)

# Propriedades Gerais da Rectificação Polifásica

O estudo dos vários circuitos polifásicos de rectificação, de ponto médio e em ponte, permite generalizar as propriedades particularmente deduzidas para cada esquema, conforme o número de fases.

Estes resultados encontram-se normalizados, constituindo portanto o desiderato que interessa reter de todas as análises efectuadas nos diferentes tipos de esquemas de rectificação.

As definições de alguns conceitos específicos dos circuitos rectificadores facilitam a linguagem e simplificam a caracterização técnica, uma vez aceites pela comunidade internacional. Tais propósitos estabeleceram determinados enunciados, que se descrevem a seguir na sua essência.

A **válvula** de rectificação é o dispositivo que realiza o efeito rectificador da corrente, de acordo com a sua característica tensão-corrente, deixando que a corrente tenha um único sentido, durante os intervalos de condução, e cortando a corrente nos intervalos de bloqueio, conforme impõe a polaridade aplicada aos seus terminais. Na rectificação não-comandada tal dispositivo constitui um diodo. Para responder às exigências de operação de cada circuito os diodos devem possuir um pico da tensão inversa superior à tensão de bloqueio imposta pelo circuito.

A **tensão de bloqueio**  $U_B$  de um circuito de rectificação é o pico da tensão inversa aplicada pelo circuito aos terminais das válvulas rectificadoras durante os intervalos de bloqueio.

O **transformador de rectificação** é o conversor de tensão e de fases que efectua o conveniente acoplamento da rede primária de alimentação (geralmente monofásica ou trifásica) às fases com as válvulas rectificadoras. Adota-se a relação de transformação entre a tensão primária e a tensão secundária,  $m = U_1/U_2$ , de modo que a tensão simples do primário se pode calcular a partir da tensão simples do secundário pelo produto da relação de transformação, isto é,  $U_1 = m U_2$ . Além da conversão da tensão, para o circuito de rectificação tenha bom funcionamento, o transformador deverá garantir uma potência suficiente, superior à potência da carga. Mesmo com caso ideal a potência primária  $S_1$  não é igual à potência secundária  $S_2$ , ao contrário do que acontece com os transformadores de distribuição de energia (cujos enrolamentos são sempre percorridos por correntes sinusoidais).

A **potência tipo**  $S_T$  de um transformador de rectificação é a média aritmética das potências aparentes correspondentes à energia consumida pelo primário à rede e a energia fornecida pelo secundário à carga:  $S_T = (S_1 + S_2)/2$ . O melhor aproveitamento do transformador aproxima  $S_1$  de  $S_2$ .

O **número de fases**  $m_2$  é a quantidade de fases com válvulas conectadas às pernas do enrolamento secundário do transformador de rectificação. No esquema monofásico será  $m_2 = 1$ , no bifásico  $m_2 = 2$ , trifásico  $m_2 = 3$ , hexafásico  $m_2 = 6$  e o dodecafásico  $m_2 = 12$ , usando-se raramente  $m_2 = 24$ .

A **comutação** de válvulas é o fenómeno de transição da corrente fornecida à carga através de uma válvula.

O **grupo de comutação** é o conjunto de ramos de rectificação (com diodos) e pernas do enrolamento secundário de fases diferentes que comutam, ciclicamente independentes uns dos outros. Num sistema de rectificação de ponto médio só há um grupo de comutação, comutando as válvulas sucessivamente entre si; e num sistema em ponte existem dois grupos de comutação, dando-se as comutações sucessivamente entre válvulas do mesmo grupo (mantendo-se independente do outro). Por exemplo, na rectificação trifásica de ponto médio o grupo de comutação indica-se pelas válvulas I, II, III; e na rectificação trifásica em ponte um grupo de comutação inclui as válvulas I, II, III, e outro I', II', III'.

O **número de vias**  $s$  de um circuito de rectificação é igual à quantidade de grupos de comutação colocados em série na operação do circuito. Por isso, os esquemas de ponto médio são de via simples ( $s = 1$ ), sendo o enrolamento secundário percorrido pela corrente sempre no mesmo sentido, e os esquemas em ponte são de via dupla ( $s = 2$ ), com as pernas do secundário percorridas por corrente ora num ora noutro sentido, conforme as válvulas que estão em condução nos dois grupos de comutação.

O **número de comutações**  $q$  é a quantidade de comutações que se efectua num grupo de comutação durante um período da tensão aplicada ao primário do transformador (ou pelo seu secundário às válvulas). Repare-se que  $q$  não exprime o número total de comutações do circuito por período, porquanto nos circuitos de via dupla as comutações de um grupo de comutação não coincidem no tempo com as comutações do outro grupo, sendo na verdade independentes.

O **número de pulsações**  $p$  é igual ao número total de comutações não-simultâneas que se realizam num período da tensão aplicada pela rede de alimentação, determinando as arcadas da tensão rectificadora. Obviamente, verifica-se  $p = s q$ .

A **frequência de pulsação**  $f_p$ , correspondente à ondulação da tensão de saída  $u$ , tem o valor  $pf$ , sendo  $f$  a frequência da tensão aplicada pela rede de alimentação, visto que em cada período ocorrem  $p$  pulsações. A frequência de pulsação será a frequência fundamental da componente alternada da tensão rectificadora. O número de pulsações resulta igual à relação entre a frequência de pulsação e a frequência da rede,  $p = f_p/f$ .

Um **esquema de ponto médio** também se chama "esquema em estrela", devido à configuração do secundário do transformador de rectificação, correspondendo a um circuito monovia pois trata-se de um esquema de via simples. Os circuitos de ponto médio caracterizam-se por uma perna do secundário ser percorrida por corrente apenas uma vez em cada período da tensão aplicada e num intervalo de tempo igual ao período  $T$  dividido pelo número de fases  $m_2$ . Como as válvulas só deixam passar corrente num sentido conclui-se que os enrolamentos secundários são percorridos por corrente apenas num sentido. O número de fases do primário  $m_1$  está em correspondência com a rede de alimentação e o número de fases do secundário  $m_2$  corresponde ao número de fases do circuito de rectificação, podendo portanto ser  $m_1 = m_2$  ou  $m_1 m_2$ . Nos esquemas de ponto médio verifica-se sempre  $p = m_2$  e como  $s = 1$  será também  $p = m_2$ . Note-se que a generalização feita para os circuitos polifásicos não tem significado no circuito monofásico, quando  $m_2 = 1$ , pois então  $q = 1$  não exprime o conceito de número de comutações. Excluindo o caso monofásico ( $m_2 = 1$ ) as pulsações têm uma duração correspondentes ao ângulo  $\theta = 2\pi/m_2$  ou  $\theta = 2\pi/p$ .

Cada **esquema em ponte** corresponde à ligação em série de dois esquemas de ponto médio idênticos e igualmente desfasados entre si, distinguindo-se somente pela diferente polaridade das válvulas. Os esquemas em ponte formam circuitos bivia ou de via dupla. Este tipo de circuitos caracteriza-se por cada perna do secundário do transformador ser percorrida duas vezes por corrente durante um período da tensão aplicada, uma vez num sentido e outra vez em sentido oposto. Nos esquemas em ponte verifica-se  $p = 2m_2$ , exceptuando o circuito bifásico em ponte no qual  $m_2 = 2$  e  $p = 2$  porque neste caso singular as tensões das fases estão em oposição, e como  $s = 2$  será  $q = m_2$ . Cada pulsação da tensão rectificadora corresponde ao ângulo  $\theta = 2\pi/p$  ou  $\theta = \pi/m_2$ , sendo por conseguinte metade do ângulo do esquema de ponto médio com igual número de fases. Devido ao maior dispêndio de válvulas, os esquemas em ponte geralmente só se usam nos circuitos bifásico e trifásico: a ponte bifásica domina nas baixas potências ou sempre que se pretenda baixar a ondulação; a ponte trifásica aplica-se nas altas potências ou sempre que se pretenda baixar a ondulação.

A **corrente contínua**  $I_d$  resultante da rectificação com bobina de alisamento (de elevada indutividade  $L$ ) é o valor médio da tensão de saída,  $U_{d0}$  no caso ideal, dividido pela resistência  $R$  de carga,  $I_d = U_{d0}/R$ , visto que o valor médio da queda de tensão na bobina de alisamento é nulo. ■

## Notas Internas da EDF

Continuam a ser referidos alguns dos últimos documentos publicados pela EDF na sua "Collection de Notes Internes de la Direction des Études et Recherches".

### □ Utilizações da Electricidade

F. X. Rongère, B. Gautier, *CLIM 2000: un logiciel nouveau pour la modelization énergétique en thermique du bâtiment*, 28 pág. (93NM00001).

N. Bailly, B. Letellier, *Les investissements optimaux du chauffage électrique intégré*, 37 pág. (93NM00002).

### □ Organização, Informação, Ambiente Social e Económico

P. Lefèvre, *Vers un système de reconnaissance de la structure physique des documents*, 37 pág. (92NIO0004).

Y. Lepage, M. G. Monteil, *Les jeux de test comme moyen d'évaluation des systèmes de traduction automatique*, 13 pág. (92NO00008).

P. Terracol-Capron, *Memento et conseils pour la réalisation et le suivi d'enquêtes d'opinion*, 27 pág. (92NO00009).

G. Hebrail, M. Suchard, A. Mkhadri, G. Celeux, *Réduction d'un problème statistique mal posé, de grande dimension, sur des données textuelles*, 13 pág. (92NO00010).

J. M. Fouilloux, *Organisation du retour d'expérience sur les applications de l'électricité: la méthode MISS*, 49 pág. (93NO00001).

C. Piron, *Classement automatique des actions de recherche de la DER en disciplines*, 15 pág. (93NO00002).

H. Stemmelen, C. Legris-Desportes, *Analyse semiotique de deux documents de strategie commerciale*, 17 pág. (93NO00003).

Vá visitar ELEC 93